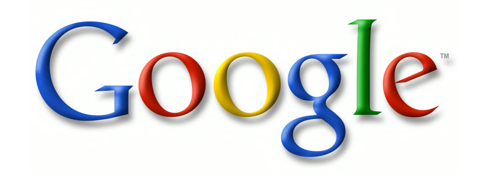





HARVARD UNIVERSITY
ARNOLD ARBORETUM
PRESENTED BY CHARLES SPRAGUE SARGENT
1892

Über Düngung im forstlichen Betriebe

von

Dr. Maximilian Helbig
Assistenten für Bodenkunde an der Technischen Hochschule zu Karlsruhe i. B.



Neudamm 1906
Verlag von J. Neumann
Verlagsbuchhandlung für Landwirtschaft
Fischerei, Gartenbau, Forst- und Jagdwesen



Inhalts-Verzeichnis.

Vorwort.

Nicht ohne große Bedenken bin ich der Aufforderung des Verlegers zur Herausgabe dieses Buches nachgekommen. Es ist mißlich, einen Stoff zu behandeln, dessen Bearbeitung noch in den Kinderschuhen steckt und noch Jahrzehnte bedarf, um sich auszubauen. Meinungen, Ansichten und Einzelbeobachtungen, die sich häufig widersprechen und die Kritik erschweren, herrschen noch; eine sich auf feststehende Grundlagen stützende Theorie ist noch im Werden. Bausteine zum Fundament heranzuschaffen, das sollte der Zweck dieses Buches sein. Auch geschäftlicher Ausbeutung der Unsicherheit durch kaufmännische Interessentengruppen sollte entgegen gearbeitet werden.

Bei der Aufgabe, das Wesentliche (für den deutschen Wirtschaftswald) kurz hervorzuheben, „Theorie“ und „Praxis“ zugleich zu behandeln, konnten natürlich zahlreiche, und vielleicht auch überschätzte, Einzelheiten nicht sämtlich berücksichtigt werden. Man wird jedoch eine ausgiebige Literaturangabe finden, weil ich es für nötig hielt, entgegen häufiger Gepflogenheit, es dem Leser zu ermöglichen, sich durch Quellenstudium selbst ein Urteil zu bilden und selbst mitzuarbeiten.

Das häufige Zurückgreifen auf Erfahrungen der Landwirtschaft wird nicht befremden; Probleme wie das vorliegende haben dort seit Jahrzehnten eingehende Bearbeitung gefunden. Es wird sich empfehlen, die Forschungsergebnisse des verwandten Gebiets zu verwerten, solange nicht eigene Erfahrungen vorliegen. Alsdann wird es auch überhaupt erst möglich sein, über den Wert der Düngung für den Wald ein Urteil zu fällen.

Aber trotz der Handhabe, die so die Landwirtschaft bietet, wird das Unzulängliche wissenschaftlicher Erkenntnis noch allent-

halben hervortreten. Gewinnt die Theorie dann besonderen Wert, wenn es ihr gelingt, den ursprünglich nur allgemeinen und ungefähren Anschauungen festumschriebene Form zu geben, so muß zugestanden werden, daß das „Was“ und „Wieviel“, worauf es im einzelnen Falle bei einer Düngung ankommt, auch der Landwirtschaft exakt noch nicht faßbar und Anhalt dafür nur nach mehr empirischen Methoden zu gewinnen ist.

Auch für eine Düngung im Forstbetriebe können Rezepte nicht gegeben werden. Was hier zweckmäßig ist, kann dort falsch sein. Versuch, Erfahrung und vor allen Dingen gesunder Menschenverstand, das sind Dinge, die auch bei der Düngung im Walde noch lange hinaus Richtung geben werden. Es werden viele gut angelegte, durchgeführte und gedeutete Versuche nötig sein, ehe es gelingt, zunächst den Wert der Maßregel sicherzustellen und dann aus den lokal gewonnenen Ergebnissen Typen abzuleiten. Wissenschaft und Praxis müssen sich dabei die Hand reichen, das persönliche Interesse des jeweiligen Revierverwalters ist dazu Bedingung. Hierzu anzuregen, war ein engerer Gesichtspunkt für die Abhandlung und ein solcher speziell für die Auffassung und Anordnung des Stoffes; gelegentliche Wiederholungen waren dabei nicht zu vermeiden.

Daß ein nachhaltiger Betrieb früher oder später eine Nährstoffzufuhr erforderlich machen wird, ist Naturnotwendigkeit; aber schon vorher wird bei steigender Wertschätzung des Waldes und seiner Produkte jene Zufuhr als rationelle Maßregel breitere Anwendung finden. Raubbaubetrieb im Liebigschen Sinne ist für die Forstwirtschaft erst dann ein Vorwurf, wenn die Düngung auch im forstlichen Großbetriebe als allgemeine wirtschaftliche Maßnahme empfohlen werden kann.

Ein Buch wie das vorliegende kann nicht aus der Feder des einzelnen fehlerfrei und abgerundet hervorgehen: der Stoff ist zu neu, und die verschiedenen Disziplinen, die zu seiner Beherrschung nötig sind, übersteigen wohl Einzelkönnen und -kennen. Ich bin deshalb nur zu oft auf fremde Hilfe angewiesen gewesen und nehme hierdurch gern Gelegenheit, dafür Dank abzustatten den Herren Oberforstrat Prof. Siefert, Prof. Dr. Hausrath, Prof. Dr. Müller, Forstpraktikant Wimmer, Forstpraktikant Burger, Geh. Rat Prof. Dr. Engler, Geh. Hofr. Prof. Dr. Bunte, Prof. Dr. Klein, Oberbaurat Prof. Drach, sämtlich in Karlsruhe,

Prof. Dr. Behrens auf Augustenberg und besonders Herrn Forstmeister Sellheim in Hann.-Münden. Unter den Literaturangaben wird man hier und da noch private Mitteilungen finden, die mir zur Veröffentlichung gütigst überlassen worden sind; leider mußten viele wegen Raummangels noch zurückgestellt werden.

Weitere Berichte und weitere Belehrung sollen mir recht willkommen sein; was ich davon zu bieten habe, steht jedermann zur Verfügung.

Von einer Kritik bereits erschienener Arbeiten gleichen und ähnlichen Inhalts wurde zunächst abgesehen, die Literatur ist sonst berücksichtigt, soweit sie mir bis Oktober d. J. vorlag.

Eine Gruppierung der Düngemittel nach den Bestandteilen läßt sich exakt leider nicht durchführen; als Hilfsmittel sei auf Tabelle IV, Seite 135 verwiesen.

Bei der Drucklegung hat mich mein Freund Max Hofmann, Dresden, unterstützt; auch ihm meinen Dank.

Karlsruhe, Dezember 1905.

Maximilian Helbig.

Einleitung.

Dungzweck. Bedeutung der Nährstoffe im Kreise der Wachstumsfaktoren.

In langsamerem Gange als im landwirtschaftlichen Betriebe vollzieht sich in der Forstwirtschaft der Übergang vom extensiven zum intensiven Betriebe. Ein Mehraufwand von Kapital und Arbeit auf gegebener Fläche ist das Wesen des letzteren, eine Erhöhung der Produktion, eine Steigerung der Rente sein Ziel.

Im Streben, die Mittel zur vorteilhaftesten Erreichung dieses Zieles zu heben und zu mehren, hat man in neuerer Zeit für den Wald die Düngung empfohlen. Der Endzweck der Düngung — es sei nochmals besonders betont — ist also die Erzielung möglichst hoher Renten (unbeschadet der Nachhaltigkeit). Als Mittel dazu gilt eine Steigerung der Produktion in der Erwartung, durch eine Steigerung des Rohertrags eine Steigerung auch des Reinertrags zu erzielen.

Die Rente ist abhängig vom Preis der Ernteprodukte und der Menge derselben. Während nun dem wirtschaftenden Forstmanne wenig Einfluß auf die Preisbildung eingeräumt ist, liegen die Maßnahmen zur Mehrung der Ernteerzeugnisse auf gegebener Fläche durchaus in seiner Hand.

Diese Erntemasse ist nun aber nicht ins Ungemessene steigerungsfähig, selbst durch beste Wuchsbedingungen kann die Wuchsleistung der Pflanzen immer nur bis zu einer gewissen, spezifisch verschiedenen Größe gesteigert werden. In praxi aber diese überhaupt größtmögliche Produktion herbeizuführen, wird

der Wirtschafter selten in die Lage kommen, Gründe der Rentabilität würden die entsprechenden Maßnahmen verbieten. Damit sind die Grenzen (eine natürliche und eine wirtschaftliche) für eine Produktionssteigerung überhaupt festgelegt.

Unter welchen Umständen wird sich nun der Wirtschafter entschließen, zwecks einer erwünschten Mehrung der Ernte zur Düngung zu greifen? Nur dann, wenn ihm die bekannten und seither benutzten Mittel nicht ausreichend erscheinen, das neue Mittel aber den größten Nutzeffekt hervorzubringen verspricht.

Dieser Fall wird für die Düngung meist dann eintreten, wenn unter den verschiedenen Wachstums- bzw. Produktionsfaktoren (Licht, Luft, Wasser, Temperatur, Nährstoffe usw.) es gerade die letztgenannten sind, die für die jeweiligen Ansprüche der Pflanzen in geringster Menge (im Minimum) vorhanden sind. Dann bilden die Nährstoffe den sogenannten Minimumsfaktor, und von ihnen hängt zunächst die Größe der Produktion ab. Werden sie ergänzt, so steigt die Produktion bis zu dem Punkte, wo ein anderer Wachstumsfaktor ins Minimum tritt und eine weitere Steigerung hemmt. Würde man aber ohne Rücksicht auf diesen in der Zufuhr der Nährstoffe fortfahren, so könnte man vorerst vielleicht noch eine geringe Ertragssteigerung erzielen; denn es hat sich gezeigt, daß der Minimumsfaktor zu um so größerer Produktion ausreicht, je mehr sich die anderen Faktoren dem Optimum nähern, weiterhin aber würde eine Abnahme der Produktion und schließlich eine Sistierung des Wachstums die Folge sein[1]) (Maxi-

---

[1]) Die Gesetzmäßigkeiten der pflanzlichen Produktion sucht man seit Liebig im sogenannten Minimumgesetz zusammenzufassen; nach den meisten modernen Lehrbüchern lautet dieses etwa: Der im Minimum vorhandene Produktionsfaktor ist maßgebend für die Größe der Produktion. Aus den gemachten Darlegungen geht hervor, daß diese Fassung dem Stande jetziger Erkenntnis nicht mehr entspricht. Wollny, Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik, 1897/98, Bd. 20, S. 105, faßt das Gesetz neuerdings wie folgt: Das Erträgnis der Nutzgewächse in Quantität und Qualität wird von demjenigen Wachstumsfaktor beherrscht, der in geringster und unzureichender oder dem Maximum nahe gelegener Intensität unter den gerade vorliegenden Verhältnissen zur Wirkung gelangt. — Mir scheint folgende Fassung besser: Derjenige Produktionsfaktor beherrscht die Produktion, dessen Einwirkungsgröße von einem Optimum (das zum größtmöglichen Ertrage nötig ist) am weitesten nach einem Minimum oder Maximum zu gelegen ist.

mum).[1]) Die Nichtbeachtung und Unkenntnis dieser Verhältnisse ist wohl zum guten Teil Ursache der unrentabeln Düngungen. Seit die Erkenntnis von der Bedeutung der Mineralbestandteile für die Pflanzenernährung, besonders durch die Liebigsche Schule, allgemeiner wurde, hat man die „Mineraldüngung" in einseitiger Weise häufig als Universalmittel zur Ertragssteigerung empfohlen. Sie mußte zu einer unrentabeln Maßnahme von vornherein werden, wo der Pflanze Licht, Luft, Wasser, Wärme usw. vor allen Dingen fehlte, kurzum überall da, wo die Mineralbestandteile nicht als im Minimum die Produktion beherrschten. Die rationelle Pflanzenzucht muß deshalb erstreben, die im Minimum oder Maximum liegenden oder nächstliegenden Wachstumsfaktoren in ihrer Einwirkung zu mehren oder zu mindern, so daß die aufgewandten Mittel bei größtmöglichem Massenertrag die größtmögliche Rente abwerfen.

Die Versuche, die einzelnen Wachstumsfaktoren auf gegebener Fläche zur zahlenmäßigen Darstellung zu bringen, haben für die Praxis bisher nur bedingte Bedeutung erlangen können. Dies liegt nicht allein in der Komplikation der Methode, sondern auch in der Schwierigkeit des Problems selbst, das einer erschöpfenden Behandlung fast unzugänglich erscheint: Mit der Ermittelung einer Einzelgröße ist nur wenig gewonnen, da die Wachstumsfaktoren nur kombiniert in Wirkung treten; verschiedene Wachtumsfaktoren vermögen sich teilweise zu vertreten[2]) bezw. zu ergänzen; die Änderung eines einzelnen bedingt eine Änderung im Wirkungswert der anderen usw. Schließlich stellt aber jede Pflanze ihre besonderen Ansprüche, die wieder, je nach dem Stadium ihrer Entwickelung, verschiedene sind. Daneben besitzt sie ein gewisses

---

[1]) Eine graphische Darstellung dieser Gesetzmäßigkeiten würde die auf- und absteigende Kurve zeigen.

[2]) Eine totale Vertretbarkeit, nämlich diejenige des Kaliums durch Rubidium, wurde bisher nur bei Pilzen konstatiert, siehe Bennecke, Jahrb. f. wissensch. Botanik 1895, Bd. 28, S. 487, u. Botan. Zeitung, 1896, S. 97, mitgeteilt bei Pfeffer, Pflanzenphysiologie, 1897, Bd. 1, S. 404.

Eine für Waldbäume beobachtete teilweise Vertretbarkeit besteht in der Aufnahme relativ größerer Mengen Mangan bei Kalkmangel. Siehe E. Wolff, Aschenanalysen, Berlin 1880, II. Teil, S. 158, und Councler, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen 1903, S. 391.

Akkommodationsvermögen, das sie befähigt, unter Umständen jenen spezifischen Ansprüchen bis zu einem gewissen Grade zu entsagen. So entsteht eine Mannigfaltigkeit der Konstellation, die sich kaum überblicken läßt, und die vermehrt wird durch die Wahrscheinlichkeit, daß uns die Wachstumsfaktoren noch nicht sämtlich bekannt sind. Deutlich aber wird daraus hervorgehen, daß die exakte Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit — das ist die Summe aller Wachstumsfaktoren — große Schwierigkeiten hat. Dieselben müssen sich mehren, wenn es zu ermitteln gilt, warum diese oder jene Pflanze für diesen oder jenen Boden nicht mehr geeignet erscheint, da die Kenntnis über den Verlauf des Chemismus der Zelle — und hier enden die letzten Fragen der Ernährung, des Wachstums — uns fast noch so gut wie gar nicht erschlossen ist.[1])

Bei dieser Lage der Sache stützt sich die Praxis neben der Erfahrung im wesentlichen auf den „empirischen" Versuch, der eine direkte Fragestellung an die Pflanze bedeutet. Bei Gleichheit aller übrigen Wachstumsfaktoren untersucht man den Einfluß, den die Änderung eines oder einiger Faktoren nach sich zieht. Wenn hierbei die Versuche über Nährstoffverhältnisse besonders zahlreich sind, so hat dies seinen guten Grund. War es doch Liebig, der die Produktionsgröße allein davon abhängig wissen wollte.[2]) Aber

---

[1]) Etwas zu optimistisch ist wohl die Ansicht Märckers, Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 1897, S. 471: „— daß wir die Produktion, soweit sie von dem Düngerbedürfnis des Bodens abhängig ist, zurzeit vollkommen beherrschen. Wir können mit Sicherheit feststellen, wie große Nährstoffmengen wir einem jeden Boden zuzuführen haben, um damit die Maximalerträge des betreffenden Bodens zu erzielen."

[2]) Siehe Liebig, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur usw., 7. Auflage, 1862, Bd. 2, S. 223: Ein jedes Feld enthält ein Maximum von einem oder mehreren und ein Minimum von einem oder mehreren anderen Nährstoffen. Mit diesem Minimum, sei es Kalk, Kali, Stickstoff, Phosphorsäure, Bittererde oder ein anderer Nährstoff, stehen die Erträge im Verhältnis, es regelt und bestimmt die Höhe oder Dauer der Erträge. Ähnliches sagt Liebig, Die Grundsätze der Agricultur-Chemie, 1855, S. 25. Märcker (Jahrb. d. Deutsch. Landw.-Ges. 1899, S. 192) verkündete noch 1899 auf der 14. Wanderversammlung der obigen Gesellschaft zu Frankfurt a. M. unerklärlicherweise, „daß die Höhe einer Ernte abhängig ist von den in geringsten Mengen in der Ackererde vorhandenen Nährstoffen". Dagegen hatte Davy, Elemente der Agricultur-Chemie, Berlin 1814, S. 28, bereits erklärt: Wie bei allen

dies nicht allein, seine Autorität beeinflußte auch die agrikulturchemische Richtung der ihm folgenden Zeit, der wir deshalb besonders zahlreiche Angaben über den Nährstoffbedarf der Pflanze verdanken. Dies ein Grund mehr zur Anwendung der „Mineraldüngung", die noch den Vorzug hat, sich leicht handhaben zu lassen und auch die anderen Wachstumsfaktoren mehr oder weniger zu beeinflussen. Vergessen sei hier aber auch nicht die spekulative Art, mit der Düngemittellieferanten sorgten, das Interesse für ihre Artikel wach zu halten.

So ist es möglich gewesen, daß z. B. Untersuchungen über Wasser, Boden, Pflanze verhältnismäßig spärlich in der Literatur vorhanden sind, obwohl von dem Wasser „als dem vornehmsten aller Medien des Lebens" seit den Anfängen der Weltgeschichte bekannt ist, welchen Vorteil seine geregelte Benutzung mit sich bringt.[1]) Hier findet Wissenschaft und Praxis noch ein breites Arbeitsfeld, und mich dünkt, daß speziell der Forstwirtschaft diese Fragen näher liegen müßten als jene der Düngung.

Im nachfolgenden seien einige Zahlen über die Wirkung der oben angeführten Wachstumsfaktoren mitgeteilt. Wenn ich dabei nicht auf Forstpflanzen im engeren Sinne zurückgreife, so geschieht dies aus Mangel an Material; es liegt auch kaum Grund vor, anzunehmen, daß diese sich von jenen Versuchspflanzen (Getreidearten) in der Hauptsache abweichend verhalten könnten. Ich folge dabei den Angaben, die Wollny in seinen Forschungen der Agriculturphysik Bd. 20, S. 53 u. ff. niedergelegt hat,[2]) die aus Topf-

---

physikalischen Untersuchungen, so müssen auch hier alle Ursachen in Erwägung gezogen werden. Es kann einen Unterschied in den Resultaten bewirken, wenn im Laufe einer Jahreszeit ein halber Zoll Regen mehr oder weniger fällt, oder die Temperatur um einige Grade höher oder niedriger war, selbst ein geringer Unterschied in tiefer liegenden Erdschichten oder Abhang des Bodens kann eine andere Wirkung hervorbringen. (Zit. nach Mulder, Chemie der Ackerkrume 1862, Bd. 3, S. 48.)

[1]) Daß bei Lagen mittlerer Regenhöhe und darunter in Jahren hoher Niederschlagsmengen (oder einer günstigen Verteilung derselben) der Holzkörper breitere Jahresringe anlegt, ist eine längst beobachtete Tatsache, die zeigt, daß Wasser häufig als Minimumsfaktor die Produktion beherrscht.

[2]) Auch andere Forscher haben sich mit gleichen und ähnlichen Aufgaben beschäftigt; Literaturnachweise bei Tollens, Journ. f. Landw. 1902, S. 231..

versuchen gewonnen sind nach jener Differenzmethode, die den Einfluß der Änderung eines Wachstumsfaktors bei Gleichheit der übrigen untersucht.

I. Einfluß des Wassers.

Feuchtigkeit des Bodens in Prozenten der vollen Sättigungskapazität	Zahl		Gewicht der lufttrockenen Ernte. in g:			
	der Ähren	der Körner	Körner	Stroh	Spreu	Summa
Versuch 1889. Sommerroggen je 5 Pflanzen:						
20	19	196	4,60	5,5	0,2	10,30
40	20	392	11,03	14,3	0,6	25,93
60	22	477	13,20	19,3	0,5	33,00
80	22	601	**15,12**	**21,0**	**0,6**	**36,72**
100	15	98	2,38	3,5	0,1	5,98
Versuch 1890. Wiederholung (Sommerroggen je 5 Pflanzen):						
20	8	87	1,4	3,2 (Stroh + Spreu)		4,6
40	11	161	3,2	7,1		10,3
60	10	241	**5,1**	**12,5**		**17,6**
80	11	192	4,4	10,1		14,5
100	1	0	0	0,2		0,2

Hieraus ergibt sich, wie die Erträge mit steigender Wasserzufuhr bis zu einer gewissen Grenze (Optimum) zunehmen, sich darüber hinaus aber stetig mindern. Daß der Höchstertrag einmal bei 60 $^0/_0$, das andere Mal bei 80 $^0/_0$ der Sättigungskapazität erreicht wurde, kann nicht befremden. Ebensowenig, daß jene fünf Roggenpflanzen trotz gleicher Versuchsanstellung in einem Jahre 36,72, im nächsten nur 17,6 g Summa-Erntegewicht lieferten. Gewisse Wachstumsfaktoren sind eben nur bedingt regulierbar (Licht, Luft, Wärme usw.), auch eine völlig gleichwertige Auswahl des Samenmaterials ist nicht möglich; auf eine mathematische Gleichartigkeit muß man überhaupt bei solchen Versuchen von vornherein verzichten.

II. Einfluß der Nährstoffe.

Versuch 1893. Sommerroggen je 13 Pflanzen.
Düngergemisch: Kaliumphosphat + Chlorkalium + Natriumnitrat + Calciumnitrat + Magnesiumsulfat.

Düngermenge g	Zahl der Ähren	Zahl der Körner	Gewicht der lufttrockenen Ernte in g: Körner	Stroh und Spreu	Summa
			a) Quarzsand.		
0	46	351	5,0	15,6	20,6
2,5	45	451	7,5	18,0	25,5
5,0	46	743	**13,4**	**22,0**	**35,4**
10,0	44	585	8,4	20,1	28,1
15,0	44	427	7,3	19,7	27,0
20,0	38	252	3,2	13,3	16,5
			b) Lehm.		
0	45	283	6,4	12,5	18,9
2,5	48	454	9,3	16,3	25,6
5,0	47	660	**16,8**	**23,0**	**39,8**
10,0	46	564	12,7	20,4	33,1
15,0	49	525	12,3	18,1	30,4
20,0	47	530	12,6	18,0	30,6
			c) Torf.		
0	45	374	7,0	17,1	24,1
2,5	45	581	12,1	20,7	32,8
5,0	49	647	**15,0**	**25,3**	**40,3**
10,0	47	560	14,1	21,1	35,2
15,0	48	497	11,2	19,3	30,5
20,0	43	474	9,0	17,0	26,0

Auch hier tritt deutlich hervor, daß steigende Nährstoffzufuhr zunächst Steigerung der Produktion hervorruft bis zu einem Punkte, von wo an weitere Zufuhr umgekehrte Wirkung hat.

III. Einfluß der Wärme.

Bialoblocki[1]) bestimmte die Produktion an organischer Substanz von Keimpflänzchen verschiedener Getreidearten, gezogen

[1]) Bialoblocki, Landw. Vers.-St. 1870, Bd. 13, S. 437.

bei konstanter Bodentemperatur, und fand pro Pflanze durchschnittlich folgende Mengen (mg) Trockensubstanz:

Temperatur C:	8°	10°	15°	20°	25°	30°	40°
Weizen:	15,8	20,8	29,5	30,8	43,9	**46,9**	40,3
Roggen:	23,9	22,8	32,4	**49,5**	42,4	47,0	31,2
Gerste:	17,1	18,0	34,4	36,7	**42,0**	35,0	26,3

Diese Zahlenreihe zeigt, daß das Optimum der Produktion für die einzelne Pflanzenspezies bei verschiedenen Temperaturen[1]) liegt, und weiter, daß für die Wärme dieselben Gesetzmäßigkeiten gelten wie für Nährstoffe und Wasser. Gleiches hat sich auch für die übrigen Wachstumsfaktoren ergeben, soweit solche untersucht wurden bzw. erkannt worden sind. Weiteres Material hier vorzuführen, liegt aber außerhalb des Rahmens dieser Arbeit. Es galt mir hier zunächst nur, darauf hinzuweisen, daß die Nährstoffe an sich durchaus nicht etwa den Produktionsfaktor par excellence darstellen, für den sie oft gehalten bzw. ausgegeben werden.

---

[1]) Durch eine Temperatur von 0° wird die Keimung noch nicht in allen Fällen unterdrückt; so fand Uloth (Der Naturforscher 1872, S. 71, zit. nach Sachsse, Lehrb. d. Agric.-Chemie 1888, S. 491) bei Gelegenheit der Ausräumung eines Eiskellers zirka 60 Keimpflanzen von Spitzahorn (acer platanoides) und ebensoviel von Weizen, welche ihre Wurzeln in die Eisschollen getrieben hatten. Ebenso vermögen lufttrockene Samen hohe Temperaturen zu ertragen, ohne daß ihre Keimfähigkeit vernichtet würde. Nach v. Höhnel (Wiss.-pract. Unters. a. d. Geb. d. Pflanzenbaues, herausgegeben von Haberlandt, Bd. 2, S. 77, zit. nach Sachsse, wie oben, S. 493) liegt die Maximaltemperatur, bis zu welcher sehr ausgetrocknete Samen erhitzt werden können, ohne die Keimfähigkeit einzubüßen, zwischen 110 bis 125° C.

Über die vorhandenen Nährstoffe.

Glaubt der Wirtschafter in einer Zufuhr von Nährstoffen das rentabelste Mittel zur Produktionssteigerung zu erblicken, so wird er sich zunächst über die vorhandenen Nährstoffe vergewissern und daraus abzuleiten suchen, welcher oder welche davon zuzuführen sind.

Unter den Elementen, deren sich die höhere Pflanze zum Aufbau ihres Körpers bedient, sind ihr verschiedene so unentbehrlich, daß ihr Fehlen eine Fortentwickelung unmöglich machen würde. Hierher gehören Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Phosphor, Kalium, Magnesium, Schwefel, Eisen und Calcium. Eine Reihe anderer scheint die Entwickelung der Pflanze zu fördern, wie Chlor und Kieselsäure, wieder andere scheinen in geringen Dosen die Lebensvorgänge zu begünstigen, während ihre Einwirkung in größeren Mengen oder stärkerer Konzentration Giftwirkung hat (Fluor, Lithium, Kupfer, Mangan usw.). Eine strenge Scheidung, wie man sie früher vornahm, in unentbehrliche, nützliche und entbehrliche Stoffe, kann nach dem Standpunkt jetziger Erkenntnis nicht mehr aufrecht erhalten werden. Ein an sich entbehrlicher Stoff kann der Pflanze unter veränderten Verhältnissen von Vorteil oder sogar nötig sein. Von jedem sogenannten unentbehrlichen Elemente ist für eine Vollentwickelung der Pflanze eine gewisse Minimalmenge unerläßlich. Wenn möglich, nimmt sie aber eine darüber hinausgehende Menge auf, und es scheint, daß wenigstens dieses Mehr bis zu gewissem Grade durch andere verwandte oder indifferente Stoffe vertreten werden kann.

Es läßt sich dies am besten an einem Beispiel nach Emil Wolffs Versuchen darstellen,[1]) das ich nach einem Vortrage Märckers[2]) zitiere: „E. Wolff fand bei seinen Vegetationsversuchen, daß zur Produktion von 100 Teilen Trockensubstanz der Haferpflanze 0,5 g Phosphorsäure erforderlich wären, wenn er die übrigen Mineralstoffe, nämlich Kalium, Calcium, Magnesium und die Schwefelsäure im Überschusse gab, und für diese Nährstoffe stellte er folgende Mengen als zur Produktion von 100 Teilen Hafertrockensubstanz (jedesmal beim Überschuß der übrigen Nährstoffe) erforderlich fest:

Phosphorsäure	0,50 g
Kali	0,80 g
Kalk	0,25 g
Magnesia	0,20 g
Schwefelsäure	0,20 g
Summa	1,95 g

Danach wären also zusammen 1,95 g Mineralstoffe erforderlich, um 100 Teile Hafertrockensubstanz zu erzeugen; eine Haferpflanze mit nur 1,95 % Mineralstoffen in der Trockensubstanz gibt es aber überhaupt in der Natur nicht, und das mindeste, was eine normale Haferpflanze enthält, sind 3 % Mineralstoffe; dem entspricht es auch, daß man mit obigen 1,95 % Mineralstoffen nur etwa 65 Teile Hafertrockensubstanz erzeugen kann. Wenn man nun aber daneben 1,05 g an und für sich indifferente Mineralstoffe, nämlich Natronsalze oder Kieselsäure, den Pflanzen darreicht, dann erzielt man damit die volle Produktion von 100 Hafertrockensubstanz. Jene 1,05 g haben somit keine bestimmte Funktion in der Pflanze auszuüben, sondern dienen dazu, den allgemeinen Mineralstoffhunger, welchen die Pflanze besitzt, zu sättigen. Diese Beobachtung hat eine gewisse Tragweite für die Praxis der Landwirtschaft (und Forstwirtschaft! Der Verf.), denn sie lehrt, daß, wenn man das Nährstoffbedürfnis der Pflanze durch ganz reine Nährstoffe decken will, man dabei verschwenderisch arbeitet; denn man muß von diesem kostbaren Stoffe mehr geben, als für die besonderen Zwecke, welche diese Stoffe in der Pflanze auszuüben haben, erforderlich sind.“

Die Antwort auf die Frage, welchen oder welche von den verschiedenen Nährstoffen man bei einer Düngung zuzuführen hat, würde also lauten: den oder die im Minimum vorhandenen Nährstoffe. Doch ist dem Praktiker damit wenig geholfen; ohne besondere Hilfen ist es ihm kaum möglich, von einem Kulturboden mehr als einen lockeren Anhalt über Einzelheiten zu gewinnen. Wohl weiß man im

---

[1]) Emil Wolff, Landw. Vers.-Stat. 1877, Bd. 20, S. 397.

[2]) Märcker, Ber. d. Deutsch. chem. Ges. 1897, S. 464.

allgemeinen, daß feinkörnige Böden nährstoffreicher sind als grobkörnige, daß in hellgefärbten Böden das Eisen bzw. das Mangan zurücktritt, daß humusarme Böden meist auch arm an Stickstoff sind usw. Phosphorsäure- und Kalimangel aber sind dem Boden weit weniger anzusehen. Auf Kalkarmut kann man wohl indirekt schließen, wenn der Boden saure Reaktion zeigt, ihm braunes, humushaltiges Wasser entquillt, wenn ihn saure Rohhumusbildungen abschließen, endlich wenn im Boden befindliche Eisenverbindungen zur Abscheidung von Brauneisen, eisenverhärtetem Sand, Ort- und Raseneisenstein Veranlassung gegeben haben und eine „saure“ Vegetation (Heide, Beerkräuter, Sphagna usw.) die vorherrschende ist.

Auch das speziell für die so wichtige Kalkermittelung viel gebrauchte analytische Verfahren — Übergießen des Bodens mit Salzsäure und Volumenbestimmung der entweichenden Kohlensäure — ist ein ziemlich rohes. Man macht dabei die Annahme, daß Kalk in Form von kohlensaurem Kalk vorhanden, wenigstens als solcher für die Pflanzenernährung wesentlich sei. Salzsäure treibt aber nicht allein die an Kalk gebundene Kohlensäure, sondern auch diejenige aus, die beispielsweise an Magnesia, Kali, Ammoniak usw. gebunden sein kann. Phosphorsaurer, schwefelsaurer, kiesel- und humussaurer Kalk werden dagegen durch die Salzsäureprobe nicht getroffen; auch spricht nicht für die Verwendung der Salzsäureprobe bei Waldböden der Umstand, daß kohlensaure Verbindungen durch Humussäuren zerstört werden.[1])

Durch die quantitativ-chemisch-analytische Bodenuntersuchung vermag der Chemiker nun den absoluten Gehalt eines Bodens an Einzelelementen wohl zahlenmäßig zu bestimmen, sicheren Anhalt aber, wieviel davon der Pflanzenwurzel zur Aufnahme bereit steht, lehrt auch diese sonst exakte Methode nicht.[2]) Nur ausnehmend hohe oder ausnehmend niedrige Befunde

---

[1]) Es sei hierbei noch darauf hingewiesen, daß sich nach meinen Versuchen in nicht graduierten Gefäßen ein Gehalt von kohlensaurem Kalk von $^1/_2$% im Reagenzglas und von $^1/_4$% im Uhrglas durch Blasenbildung nicht mehr deutlich wahrnehmen ließ. (Versuchsanstellung: je 5 g Quarzsand, kohlensäurefrei, mit entsprechenden Mengen chemisch reinem Calciumkarbonat versetzt, wurden mit H_2O angefeuchtet und im Reagenzzylinder mit 8, im Uhrglas mit 10 ccm verdünnter Salzsäure (1 : 10) übergossen.)

[2]) Manche Forscher und Praktiker halten die Nährstoffgröße überhaupt für weniger wesentlich zur Beurteilung der Bodengüte. So

geben einigen Anhalt für eine Beurteilung der Dungbedürftigkeit. Wie vorsichtig man aber zuweilen auch dann noch sein muß, zeigt folgende Angabe von Mayer:[1]) Bei der Bodenanalyse ergab ein Glimmerschieferboden von äußerster Sterilität vielleicht bis gegen 3% Kali, der an Fruchtbarkeit unübertroffene Nilschlamm ½%, und dennoch zeigte sich ersterer dankbar gegen Kalidüngung, bei letzterem erschien eine Steigerung der Erträge durch Düngung fast undenkbar.[2])

Man hat von jeher mit vielem Eifer versucht, ein Mittel aufzufinden, das sich in seiner lösenden Wirkung auf die Bodenteile ähnlich der Energie der Pflanzenwurzel verhält. Der negative Erfolg kann nicht wundernehmen: die direkt aufnehmbaren Nährstoffe des Bodens zu bestimmen, kann doch nur dann besonderen Wert haben, wenn man die Ansprüche kennt, die die Planze an jene stellt; diese kennt man aber nur wenig, wohl aber

---

stützt sich ein von Hazard (Landwirtsch. Jahrbücher 1900, S. 825) empfohlenes Bonitierungssystem auf Wasser und Wärme als „die beiden wichtigsten Faktoren des Pflanzenlebens", während „die Frage nach dem Düngungszustande erst in dritter Linie in Betracht kommt". Vergl. a. Mayr, Allgem. Forst- u. Jagdzeitg. 1901, S. 400.

Mit Bezug auf Obstbäume meint ferner Oberdieck: „Durch diese in langen Jahren fortgesetzten und in ziemlich weiter Ausdehnung gemachten und durch Hunderte von eingesammelten und registrierten Beobachtungen bestätigten Erfahrungen ist es mir gegenwärtig bereits nicht mehr fraglich, sondern völlig gewiß geworden, daß bei den meisten Obstsorten es ziemlich einerlei ist, ob man sie in leichten oder schweren, ja selbst tonigen Boden pflanzt; daß dagegen die Tragbarkeit und die Güte einer Obstsorte, wenn auch nicht in allen Fällen und allemal, so doch immer in erster Linie und in den meisten Fällen von der Menge der im Boden vorhandenen Feuchtigkeit bedingt wird" (zit. nach: Goethe, Arb. d. Deutsch. Landwirtsch.-Ges., Heft 98, S. 224).

[1]) Mayer, Bodenkunde, Heidelberg 1901, 5. Aufl., S. 87.

[2]) Auch Wagner, Arbeiten d. Deutschen Landwirtsch.-Ges., Heft 64, S. 150, berichtet von zwei hessischen Böden, welche 0,23 und 0,45% Kali enthielten und trotzdem stark auf eine Kalidüngung reagierten, während nach Gerlach, Lit. wie oben, Heft 98, S. 49, ein Boden mit 0,05 bis 0,07% Phosphorsäure ohne Zuführung dieses Stoffes drei gleiche Ernten (1903 ca. 28 dz Gerstenkörner auf den Hektar) hintereinander ergab. Weniger wesentlich ist also der absolute Gehalt des Bodens an diesem oder jenem Nährstoff, als vielmehr die in assimilierbarer Form für die jeweilige Pflanze vorhandene Menge desselben; weniger die Menge als der Zustand.

weiß man, daß sie nicht für alle Pflanzen gleich sind, daß eine Differenzierung bis zum Einzelindividuum hin stattfindet, daß eine andere Konstellation der Wachstumsfaktoren der Pflanze veränderte Bedingungen bieten kann, denen sie sich mehr oder weniger anzupassen vermag, kurz gesagt: es scheint fast aussichtslos, jenes Mittel zu finden, wenn es nicht überhaupt unmöglich ist.[1])

Eine andere analytische Methode zieht den Kreis für die Gültigkeit der nach ihr gewonnenen Resultate etwas enger, indem sie sich nur auf die einzelnen Pflanzen spezies beschränkt und zur Bestimmung des im Minimum befindlichen Nährstoffes folgendermaßen verfahren will:[2]) Man vergleiche die nach einer Verbrennung der Pflanze in der Asche gefundenen Nährstoffe mit den entsprechenden Mittel- und Minimumzahlen der Pflanze. Der Nährstoff, dessen Gehalt am tiefsten unter dem Mittelgehalt steht, oder ihn am wenigsten übersteigt und sich dem Minimalgehalt am meisten nähert, befindet sich im „Minimum“.

Auch diese Methode bietet Fingerzeige, aber nichts Zuverlässiges,[3]) die Aschengehalte wechseln nach Einfluß der anderen

---

[1]) Es würde den Raum dieses Buches überschreiten, wollte ich hier über die mannigfaltigen Methoden referieren, die empfohlen worden sind, den Vorrat an Mineralnährstoffen des Bodens zu ermitteln. Man verwendet u. a. zur Bodenextraktion chemisch reines Wasser, Wasser mit Kohlensäure gesättigt, verdünnte und konzentrierte Säuren, warm und kalt, bei verschieden langer Dauer der Einwirkung usw. Bei Ermittelung der Einzelkonstituenten differenzieren sich die Methoden abermals. Nach Pagnoul empfiehlt sich zur Bestimmung der assimilierbaren Phosphorsäure die Verwendung von verdünnter Essigsäure als Extraktionsmittel, Hoffmeister (nach Gans, Jahrb. d. Kgl. Preuß. Landesanstalt u. Bergakademie 1902, S. 2) will dafür Humussäure, Dyer (Journ. of the Chem. Soc. 65, S. 115 (1894) eine 1 prozentige Zitronensäurelösung verwandt wissen, die auch zur Bestimmung des aufnehmbaren Kalis dienen soll, wozu wieder Rümpler (Landw. Vers.-Stat. 1901, S. 149) Kalkwasser nehmen will u. s. f. Es erhellt daraus, daß es nötig ist, sich bei Beurteilung der Analysenbefunde über die Methode zu befragen, nach welcher gearbeitet worden ist. Eine wünschenswerte Einheitlichkeit der Verfahren ist von dem Verband der Landwirtschaftlichen Versuchs-Stationen Deutschlands angebahnt, aber noch nicht voll erreicht.

[2]) Vergl. Atterberg, Journ. f. Landwirtschaft 1901, S. 155.

[3]) Vergl. Godlewsky, Zeitschr. f. landw. Versuchswesen Österr. 1901, S. 58. Tollens, Journ. f. Landw. 1902, S. 231, daselbst auch Literaturangaben. v. Seelhorst, Journ. f. Landw. 1902, S. 303.

Wachstumsfaktoren, die Pflanze vermag sich anzupassen und unter Umständen das Mehrfache des absolut Notwendigen aufzuspeichern. Nach Angaben Wolffs[1]) betrugen beispielsweise die Schwankungen in der prozentischen Zusammensetzung der Reinasche bei:

		Zahl der Analysen	Kali K_2O	Natron Na_2O	Kalk CaO	Magnesia MgO	Eisen Fe_2O_3	Phosphorsäure P_2O_5	Schwefelsäure SO_3	Kieselsäure SiO_2
Winterweizen .	Frucht	110	23,2-41,1	0,0-9,1	0,9-8,2	9,1-16,3	0,1-3,0	39,2-53,7	0,0-5,6	0,0-5,9
	Stroh	18	9,5-27,4	0,0-7,3	2,7-8,9	1,3-5,2	0,1-1,2	2,2-8,9	0,7-5,6	49,6-72,5
Winterroggen .	Frucht	36	27,8-37,5	0,0-4,5	1,3-6,5	9,4-15,4	0,2-3,4	39,9-51,0	0,0-3,6	0,4-4,5
	Stroh	25	9,8-32,5	0,3-6,3	4,1-11,6	1,8-5,1	0,2-4,7	3,1-12,7	0,8-13,2	25,8-65,2
Sommergerste .	Frucht	57	11,4-32,2	0,0-6,0	1,2-5,6	5,0-12,7	0,0-4,7	26,0-46,0	0,0-3,9	3,7-36,7
	Stroh	30	10,8-44,5	1,1-8,5	1,9-13,1	1,6-5,7	0,0-3,4	2,2-7,2	0,8-8,0	32,1-68,5
Eiche 15-20j. Stammholz ohne Rinde		13	27,9-41,3	1,1-4,4	19,0-27,6	11,6-23,2	0,4-1,4	10,5-22,1	1,6-5,1	0,2-2,2
Buche 50-90j. Scheitholz .		6	16,4-37,7	0,7-3,9	36,2-49,5	6,6-14,5	0,0-2,7	4,4-9,6	0,3-3,2	3,8-7,8
„ „ Knüppelholz		4	15,2-30,5	0,1-2,2	35,5-45,8	7,5-16,2	0,0-1,5	5,7-12,0	0,6-2,1	4,7-10,2
„ „ Reisholz . .		3	14,1-23,8	0,8-2,2	35,1-48,0	6,6-10,8	0,7-1,6	10,7-16,1	0,8-2,3	9,9-11,5
„ Blätter i. August .		13	14,3-27,3	0,0-3,7	18,3-41,9	5,0-11,9	0,5-1,5	5,8-12,6	1,0-3,5	14,3-47,9
„ „ i. Nov. . .		7	1,3-20,6	0,0-0,5	25,2-61,1	2,1-9,6	0,0-2,2	1,2-12,1	1,3-7,0	23,6-51,3

Auch das Vegetationsstadium und das Alter an sich bedingen unterschiedliche Aufnahme an unverbrennlichen Stoffen. Nach Wolff[2]) nimmt im höheren Alter der Bäume die Gesamtasche, nach Prozenten der Trockensubstanz berechnet, im Holz wie im ganzen (Wald-) Baum mehr oder weniger regelmäßig ab.

Wie beträchtlich aber selbst die Unterschiede bei Samenpflanzen sein können, zeigen folgende Angaben von Schütze[3]) über einjährige Kiefern, von denen Nummer 1 bis 4 im Eberswalder Forstgarten an verschiedenen Plätzen gewachsen waren, während Nummer 5 aus Hohenheim stammte. Es enthielten 1000 Teile der bei 100° getrockneten Substanz:

[1]) Wolff, Aschenanalysen, Berlin 1880, II. Teil, S. 133 ff.

[2]) Wolff, Aschenanalysen, Berlin 1880, II. Teil, S. 159. Vergleiche auch: Ebermayer, Phys. Chemie d. Pflanzen, Berlin 1882, S. 727. Hartig und Weber, Das Holz der Rotbuche, Berlin 1888, S. 160 ff. Eine Zusammenstellung älterer Arbeiten über den Einfluß der chem. und physik. Beschaffenheit des Bodens auf die Zusammensetzung der Pflanzen gibt Heiden, Düngerlehre 1879, Bd. 1, S. 460.

[3]) Schütze, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1879, Bd. 10, S. 54.

	Eberswalde				Hohenheim
	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
Kalk	12,779	7,888	5,505	6,438	4,503
Magnesia	1,952	2,233	1,627	2,744	1,480
Manganoxydoxydul . . .	0,372	0,417	1,093	0,927	0,401
Kali	3,620	4,377	5,354	7,407	6,376
Natron	0,337	0,537	0,492	0,380	—
Schwefelsäure	1,067	1,496	1,540	1,854	1,680
Phosphorsäure	5,470	3,770	6,797	6,401	4,668
Kieselsäure	1,017	2,025	2,766	1,819	3,028
250 Stück 1 jährige Kiefern					
wogen bei 100° getr. g	45,8	39,9	50,8	39,9	—
der Aschengehalt betr. g	2,045	1,95	4,15	1,95	—

Boden Nr. 1 war ein armer Sandboden, der durch fortgesetzte Düngung mit Walderde bis auf größere Tiefe (ca. 0,5 m) durch Humus stark gefärbt war,

Boden Nr. 2 war Nr. 1 ziemlich ähnlich,

Boden Nr. 3 ein noch nicht lange als Saatkamp benutzter Sandboden, der mineralisch kräftiger als der Boden Nr. 1 und 2 war,

Boden Nr. 4 verhielt sich wie Nr. 3.

Eine Übereinstimmung der Befunde ist nicht, selbst nicht annähernd, vorhanden; es schwanken die Gehalte für:

Kalk	zwischen	4,503	und	12,779 g,
Kali	„	3,620	„	7,407 g,
Phosphorsäure	„	3,770	„	6,797 g.

Schütze bemerkt zu den Pflanzen: „sie waren völlig gesund und normal entwickelt“; beachtenswert erscheint ihm ferner, daß Nr. 1 in der bei 100° getrockneten Pflanzenmasse einen auffallend hohen Kalkanteil besaß, obwohl die Pflanzen auf einem Boden gewachsen waren, „in welchem kohlensaurer Kalk nicht nachzuweisen war“.

Derartige Schwankungen im Aschengehalt bilden nun zwar nicht etwa die Regel, immerhin aber werden sie bei Forstpflanzen häufiger sein als bei Pflanzen landwirtschaftlicher Kultur. Der Landwirt verwendet mehr Sorgfalt auf eine günstige und gleichmäßige Einwirkung der Wachstumsfaktoren, als dies dem Forstmanne möglich ist. Nach der anderen Seite mag sich aber speziell

für die Nährstoffe der Waldbaum einigen Ausgleich dadurch schaffen können, daß er in einem reichen Jahre zur Verfügung stehende Nährstoffe über den vorliegenden Bedarf bis zu einem gewissen Grade aufzustapeln befähigt ist, um von ihnen eventuell in folgender, weniger günstiger Zeit Nutzen zu ziehen. Daß sich die Nährstoffgehalte im Verhältnis zur produzierten Substanz, je nach Konstellation der übrigen Wachstumsfaktoren, ändern können bzw. müssen, ist bereits erwähnt. Da aber der Aschengehalt der Erntetrockensubstanz nicht unter ein bestimmtes Minimum herabgehen (und auch bei reichster Ernährung nicht ein bestimmtes Maximum überschreiten) kann, bliebe zu erwägen, ob nicht die Pflanzenanalyse etwas mehr Bedeutung haben würde, wenn man ihre Befunde in Beziehung setzen könnte zu den nach Wolff (S. 10) gefundenen Mindestzahlen. Immerhin bleibt auch dann noch die Aufgabe, die Größe der Einwirkung der anderen Wachstumsfaktoren auf gegebener Fläche zu bemessen, die sich nicht, wie beim Versuch, im Optimum der Wirkung befinden mögen. Hinzugefügt möge noch sein, daß man weiterhin statt der ganzen Pflanze auch Teile derselben (Wurzeln, Blattorgane) zu gleichem Zwecke zu analysieren empfohlen hat.

Die Pflanzenanalyse ist auch die Grundlage für die sogenannte Ersatzwirtschaft, deren Prinzip es ist, die dem Boden durch die Ernte entnommenen Pflanzennährstoffe diesem in gleicher Höhe wieder zuzuführen. Die Analyse kann aber nur aussagen, welche Elemente am Pflanzenaufbau teilgenommen haben, jedoch nichts über die Verbindungsformen, welche die Einzelpflanze im Einzelstadium der Entwickelung bei der Wurzelaufnahme bevorzugt, über das sogenannte Düngerbedürfnis.[1]) So wurden u. a. bei Halmfrüchten durch Verwendung von Ammonsulfat als Stickstoffdünger geringere Erträge erzielt als bei Zugabe von Chilisalpeter in entsprechender Menge; bei Kartoffeln kehrte sich dieses Verhältnis um, bei Leguminosen wirkt eine Stickstoffdüngung nur förderlich in geringer Menge als Anreiz im ersten Stadium der Entwickelung, größere Mengen sind nutzlos, sogar direkt schädlich. Die Zuckerrübe entführt dem Ackerboden nach Mayer[2]) in einer

---

[1]) Das Düngerbedürfnis deckt also derjenige Stoff (Düngemittel) am besten, der der Pflanze unter gegebenen Verhältnissen die höchste Ausnutzung gewährt.

[2]) Mayer, Düngerlehre, 5. Aufl., Heidelberg 1902, S. 247.

Ernte von 30000 kg Rüben und 10000 kg Blättern etwa 180 kg Kali, und doch ergibt eine Kainitzufuhr keine entsprechenden Mehrerträge usw.; ferner ist an der Aufnahme der durch eine Düngung zugeführten Stoffe nicht allein die Pflanze, sondern in wechselndem Grade auch der Boden durch seine chemischen und physikalischen Eigenschaften beteiligt.[1])

Für die Forstkultur werden, mit Ausnahme vielleicht der ständigen Pflanzgärten, Düngungspläne auf Grund der Ersatzwirtschaft meist am Kostenpunkte scheitern müssen.

Was die Ersatzwirtschaft außer Berechnung läßt, ist der Verlust, den das Nährstoffkapital durch Auswaschung und Umwandlung erfährt. Die Höhe dieses Abganges wird von einer Reihe Faktoren beeinflußt, die sich aus Bodenart, Korngröße, Regenhöhe, Exposition, Inklination usw. ergeben und der Berechnung schwer zugänglich sind. Für besondere Fälle sei wegen Zusammensetzung der Aschen von Forstprodukten auf Tabelle I, Anhang, hingewiesen.

Auch die geologischen Karten und die dazu beigegebenen Erläuterungen vermögen über Bodenbeschaffenheit manchen Wink zu geben; sie würden noch wertvoller sein, wenn sie sich — wie dies angestrebt und teilweise in Spezialausgaben erreicht ist — den Bedürfnissen des Pflanzenbaues mehr anpaßten.[2])

Noch eingehendere Kenntnis verlangt eine Beurteilung der Bodennährstoffe nach den Standortsgewächsen, da die Bodenkraft von chemischen wie physikalischen Faktoren abhängig ist. Dabei ist zu beachten, daß neben natürlichen, zufälligen Ereignissen auch menschliche Eingriffe das Bild verwischen können. So kann

[1]) Pflanze und Boden kämpfen sozusagen um die Düngemittel. Im Walde wird der Boden dabei häufiger günstig abschneiden, weil er nicht wie im Felde durch öftere Lockerung im einmal angenommenen Gleichgewichtszustand gestört wird. Nach der anderen Seite hält man im allgemeinen die Holzpflanzen für genügsamer betreffs der Nährstoffansprüche an den Boden und bemißt ihre Kraft, sich Nährstoffe anzueignen, höher als für landwirtschaftliche Nutzpflanzen.

[2]) Der Kundige wird aus diesen Unterlagen auch jetzt nicht mehr herauslesen, als dieselben bieten wollen; er wird wissen, daß Lehm und Lehm, Sand und Sand recht verschieden sind, daß Kalkböden „kalkarm" sein können usw.

Vergl. auch Graner, Der geolog. Bau und die Bewaldung des deutschen Landes. Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg, 1900, S. 302.

man Heide-, Beerkräuter oder Torfmoose in Beständen antreffen, die auf gutem Lehmboden stocken, anderseits kann man durch Meliorationen Böden in Kultur bringen, die ohne diese Maßnahme zu kultivieren verlorene Mühe sein würde. Dem kritischen Beobachter aber wird diese Analyse einiges leisten, er wird auch nicht vergessen, daß ihre Resultate (besonders in älteren Orten) für den Obergrund sicherer sind als für den Untergrund; die manchmal unterschiedlichen Angaben der Lehrbücher über „bodenstete", „bodenholde" und „bodenvage"[1]) Pflanzen werden ihm erklärlich sein, da Grenzen schwer zu ziehen sind und die Einwirkungsgröße der Wachstumsfaktoren häufig wechselt. Dies wird man häufiger im Walde als im Felde beobachten können, dessen Bewirtschaftung, wie erwähnt, mehr auf eine gleichmäßige Entfaltung der Bodenkräfte bedacht ist. Wesentlich ist das Gesamtbild, nicht die Einzelpflanze.

Daß man auch eine standortsgemäße Mikroorganismenflora anzunehmen geneigt ist, mag nicht unerwähnt bleiben.

Das forstliche Bonitierungssystem (mittlere Bestandshöhe als Funktion der Standortsgüte) gibt über das Nährstoffkapital des Bodens nur einen lockeren Anhalt.[2])

Nicht uninteressantes Material müßte sich auch aus Untersuchungen und Beobachtungen ergeben: ob und eventuell wie speziell die Forstpflanzen auf Mangel und Überfluß an diesem oder jenem Nährstoffe an ihren äußeren Organen reagieren; vielleicht, daß schon der makroskopische Befund Anhaltspunkte für eine Beurteilung gibt. Bekannt ist ja, daß sich die Pflanzen bei Mangel an Nährstoffen nur zwerghaft entwickeln, die unteren Blattorgane von der Spitze und dem Rande her gelb, welk und schließlich dürr werden. Diese Erscheinungen treten jedoch nicht allein bei Nährstoffmangel auf; sollten aber genauere Beobachtungen nicht Eingehenderes finden lassen, etwa wie ein Kali- von einem Phosphorsäure- oder Kalkmangel sich unterscheiden ließe usw.?[3])

---

[1]) Häufig wird es schwer sein, zu entscheiden, ob eine Pflanze gerade die spezifische Eigentümlichkeit eines Standorts sucht, oder ob sie trotz derselben noch Gedeihen findet. Vergl. auch: Schimper, Pflanzengeographie, Jena 1898, und Jost, Vorlesungen über Pflanzenphysiologie, Jena 1904.

[2]) Siehe hierüber auch Henze, Tharander forstl. Jahrb. 1902, S. 25 ff.

[3]) Dieses Problem hat in der Landwirtschaft schon verschiedenfach Bearbeitung gefunden, vergl.: Wilfarth, Römer u. Wimmer

Zum Schluß dieser Darlegungen möchte ich noch auf diejenige Methode hinweisen, deren sich die Praxis zur Ermittelung eines Dungbedürfnisses fast ausschließlich bedient: des sogenannten Düngungs-Versuches, worüber Einzelheiten im Anhang am Schlusse des Buches ausführlich folgen.

Alles in allem bieten die analytischen Methoden nur geringe Sicherheit[1]) für die Beurteilung der vorhandenen Pflanzennährstoffe, welche zur Bemessung der Bodenkraft nur ein Glied sind.

Zeitschr. d. Ver. d. deutsch. Zuckerind. 1901, S. 993. Wilfarth u. Wimmer, Journ. f. Landw. 1903, S. 129. Schneidewind, Landw. Jahrb. 1904, S. 241.

Auch eine forstliche Pflanze ist inzwischen Untersuchungsobjekt gewesen. So fand Möller, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen, 1904, S. 745, folgende Merkmale an jungen Kiefern:

Bei Stickstoffmangel: außer den bisher an allen Pflanzen beobachteten hellgrünen Blattorganen für die Kiefer auffällig kurze und verhältnismäßig schwache Nadeln.

Bei Kalimangel: mattes, fahles Grün und kürzere Nadeln.

Bei Phosphorsäuremangel: im August bereits auftretende blaurote Verfärbung der Kotyledonen und der unteren Blättchen. Im Oktober (vor den ersten Frösten) „hatten die Pflanzen durchweg jene stumpfviolette Färbung, die man früher wohl als das Anfangsstadium der Schütteerkrankung angesehen hat".

Bei Magnesiamangel: orangegelbe Verfärbung der Nadelspitzen, die nach der Basis der Nadel zu sich rot schattiert und schließlich in das normale Grün übergeht.

An japanischen Nadelhölzern beobachtete ferner Löw (Imp. University College of Agricult. 2, pag. 378, zit. nach Chem. Centr.-Bl. 1896, Bd. 1, S. 1132) auch bei Kalkmangel Produktion kürzerer Nadeln. Die Einzelmerkmale scheinen nach den vorliegenden Berichten überhaupt nicht für alle Pflanzen die gleichen zu sein.

[1]) Diese Sicherheit wächst natürlich mit Zunahme der Nährstoffarmut.

Über die erforderlichen Nährstoffe.

Über die erforderlichen Nährstoffe haben manche Agrikulturchemiker nach den Befunden der Bodenanalyse Grenzlinien konstruiert, oberhalb oder unterhalb deren eine Düngung angebracht oder überflüssig sein soll: Liebscher:[1]) „Ein Kaligehalt von 0,15 % oder weniger deutet auf ein starkes Kalibedürfnis des Bodens —. Ein Kaligehalt von ca. 0,2 bis 0,4 oder vielleicht 0,5 % deutet auf ein mittleres Düngerbedürfnis des Bodens für Kali —. Ein Kaligehalt von über 0,5 % würde dagegen als ein hoher zu betrachten sein — und würde die Kalidüngung nahezu oder ganz unrentabel erscheinen lassen.

Ein Phosphorsäuregehalt von 0,07 % oder weniger ist als gering zu bezeichnen, als mittelmäßig stellt sich der Gehalt von 0,07 bis 0,085 dar. Als befriedigender Mittelgehalt kann etwa 0,085 bis 0,1 % gelten, als gut mag der Gehalt von 0,1 bis 0,2 (?), als reich ein noch höherer Gehalt anzusprechen sein."

Dyer[2]) meint, daß ein Boden mit 0,01 % in 1prozentiger Zitronensäure löslicher Phosphorsäure ein Bedürfnis nach Phosphorsäure und bei 0,005 % Kali ein Bedürfnis nach diesem hat.

Schulze-Breslau und Wohltmann[3]) haben folgende Grenzzahlen für einen Mittelboden aufgestellt; er soll enthalten:

	Schulze:	Wohltmann:
Stickstoff	0,1 %	0,1 %
Phosphorsäure . . .	0,1 %	0,1 %
Kali	0,08 %	0,1 %
Kalk	0,25 %	0,5 % { Kalk und Magnesia

[1]) Liebscher, Journ. f. Landw. 1895, S. 207 ff.
[2]) Dyer, Chem. Centr.-Bl. 1901, Bd. 1, S. 848.
[3]) Nach Gerlach, Arb. d. Deutschen Landw.-Ges., Heft 98, S. 48.

Märcker[1]) „möchte nach Untersuchungen der Bodenarten der Provinz Sachsen folgende Zahlen aufstellen:

	Kali	Phosphorsäure	Kalk		Stickstoff
			Lehmboden	Sandboden	
arm	unter 0,05	unter 0,05	unter 0,10	unter 0,05	unter 0,05
mäßig . . .	0,05—0,15	0,05—0,10	0,10—0,25	0,10—0,15	0,05—0,10
normal . . .	0,15—0,25	0,10—0,15	0,25—0,50	0,15—0,20	0,10—0,15
gut	0,25—0,40	0,15—0,25	0,50—1,0	0,20—0,30	0,15—0,25
reich	über 0,40	über 0,25	über 1,0	über 0,30	über 0,25

Märcker fährt fort: „Diese Zahlen sind allerdings mit einer gewissen Vorsicht zu gebrauchen," etwas, was besonders zu unterstreichen wäre. Differenziert Märcker schon nach einzelnen Bodenarten, so gehen Vorsichtigere noch weiter darin, indem sie das Bedürfnis für die Einzelpflanze bestimmen.

Die vorstehenden Angaben gelten für landwirtschaftlich benutzte Böden; für Waldböden zieht Giersberg[2]) folgende Grenzen: 0,1 bis 0,15 $^0/_0$ sowohl an Kali wie an Phosphorsäure in der Trockensubstanz des Bodens muß vorhanden sein; ein Kalkgehalt von 0,25 bis 0,30 $^0/_0$ „muß schon als ein so geringer bezeichnet werden, daß sich eine Düngung mit Kalk als nötig erweist"; 0,15 $^0/_0$ Stickstoff hält Giersberg zum „freudigen Wachstum der Pflanzen als unbedingt erforderlich". Diese Zahlen sind etwa gleich den von Märcker für die Landwirtschaft gegebenen. Man weiß nun zwar, daß Waldpflanzen im allgemeinen anspruchsloser in bezug auf den Nährstoffvorrat des Bodens sind, immerhin mag Giersberg eigene Gründe für seine Angaben besitzen.[3])

[1]) Märcker, Neuere Erfahr. a. d. Gebiete des Düngewesens. Arb. d. Deutschen Landw.-Ges., Heft 17, S. 26.

[2]) Giersberg, Künstl. Düngung im forstl. Betriebe. 3. Aufl.

[3]) Wollte man nur eine Schicht von **10 cm** Höhe um 0,1 $^0/_0$ an Nährmineralien anreichern, so würden sich, bei Annahme eines Bodenvolumengewichts von 1,5 für den Hektar nötig erweisen:

11 719 kg 12,8 prozentiges Kainit,
8 571 „ 17,5 prozentiges Thomasmehl,
9 677 „ 15,5 prozentiger Chilisalpeter.

Die Kosten dafür würden sich beispielsweise für hiesigen Platz etwa stellen:

Setzt man nun so berechnete Zahlen zu denen ins Verhältnis, die die Aschenanalysen für die Ernten (s. Tab. I i. Anhang) ergeben haben, so ersieht man, daß die zuzuführenden Mengen in der Regel bei weitem diejenigen des Entzugs einer Ernte übersteigen.

Die Gründe sind in der Hauptsache folgende: man kennt das Düngerbedürfnis der jeweiligen Pflanze nur in wenigen Fällen; ferner ist der Anteil, den der Boden von den zugeführten Nährstoffen zurückbehält, schwer der Berechnung zugängig; ebensowenig läßt sich die Höhe der Abspülung und Umwandlung durch Atmosphärilien (Regen, Luftsauerstoff usw.) fest bestimmen. Man gibt deshalb meist das Mehrfache des Entzugs, um den Anteil solcher unbekannter Größen weitgehend zu berücksichtigen.

Im forstlichen Betriebe hat man sich zunächst mit gutem Grunde die Erfahrungen der Landwirtschaft auf dem Gebiete der Düngung zunutze gemacht, so gut und schlecht dies eben geht. Ein abschließendes Urteil aber über den Wert der Düngung für den Wald wird man mit solchen Grundlagen nicht erwarten dürfen. Obwohl kein Zweifel besteht, daß die forstlichen Kulturen genau derselben Elemente zum Aufbau ihres Körpers bedürfen wie die landwirtschaftlichen Nutzpflanzen, ist es doch nicht unmöglich, daß spezielle Untersuchungen ein anderes Düngerbedürfnis, eine andere Ausnutzung usw. ergeben,[1]) wie sich ja beide auch sonst in den Ansprüchen an die anderen Wachstumsfaktoren verschieden verhalten. Schon die verhältnismäßig geringen Ansprüche der Waldpflanzen und der lange Zeitraum, den einzelne Wirtschaftsziele

---

Kainit ab Mannheim 10000 kg	213,00 M.	=	249,61 M.
Thomasmehl ab Diedenhofen 10000 kg	307,00 „	=	263,30 „
Chilisalpeter ab Mannheim 100 kg . .	21,00 „	=	2032,17 „
			2545,08 M.

Hierbei sind noch nicht inbegriffen die Frachten vom Bezugsplatz zur Verbrauchsstelle, die Kosten des Aufstreuens, Unterbringens usw. Aber auch ohne diese leuchtet ein, daß eine derartige Anlage eine unwirtschaftliche sein würde, selbst wenn die Düngung Jahrzehnte vorhielte.

[1]) Die große Empfindlichkeit junger Nadelholzpflanzen gegenüber leichtlöslichen Handelsdüngern, im Verhältnis zur Unempfindlichkeit älterer, scheint auf ein verändertes Dungbedürfnis hinzudeuten. Nach privater Mitteilung des Herrn Forstmeisters Greve, Ebstorf, vertragen dagegen junge Laubhölzer (zwei- bis dreijährige Schuleichen auf Heidesand) größere Mengen, speziell an Kalisalzen, als sie je in der Praxis Anwendung finden werden.

überspannen, weisen auf Verwendung von langwirkenden Dungstoffen hin.

Eine Zufuhr von Magnesia, Schwefel und Eisen hat man bisher zumeist nicht für erforderlich gehalten, obwohl diese Elemente zu den unentbehrlichen zählen; man hat gemeinhin angenommen, daß bei dem geringen Entzug diese Stoffe genügend in jedem Boden vorhanden seien. Ob dies immer zutreffend ist, muß wenigstens bei reiner Stallmistwirtschaft fraglich erscheinen.

Fraglich ist es ebenso, ob überhaupt unter den anorganischen Bestandteilen der Pflanze nur den „unentbehrlichen" eine Dungwirkung zukommt. Die Untersuchungen von Wolff (s. S. 10) und die neueren über Reizmittel sprechen nicht dafür. Als Reizmittel bezeichnet man eine Reihe von Stoffen, die, ohne eigentlich Nährstoffe zu sein, in geringen Mengen verabfolgt, eine Steigerung der Lebenstätigkeit der Pflanzen bewirken können. Umgekehrtes tritt ein, wenn eine Steigerung der Zugabe eine gewisse Höhe überschreitet.[1]) So wurde von Aso[2]) durch eine Gabe von nur 25 kg Manganoxyduloxyd für den Hektar die Reisernte um $^1/_3$ erhöht. Daß Kupfer-, Kobalt-, Fluor- und Lithiumsalze in geringen Gaben das Trockengewicht gewisser Pilzkulturen zu steigern vermögen, ist schon länger bekannt, ebenso, daß Kochsalz die Futter- und Zuckerrüben,[3]) Kupfer die Kartoffel,[4]) Kupfer-Kalkbrühe Waldpflanzen günstig beeinflußt. Auch Schwefelkohlenstoff gehört hierher, den man in neuerer Zeit häufig gegen den Engerling anwandte. Ohne eigentlich ein Dungmittel zu sein, kann er nach vorüber-

---

[1]) Hüppe, Naturwissensch. Einf. i. d. Bakteriologie, S. 55, hat diese Erscheinung in ein Gesetz gebracht: Jeder Körper, der in bestimmter Konzentration Protoplasma tötet, in geringer Menge die Entwickelungsfähigkeit aufhebt, wirkt in noch geringeren Mengen umgekehrt als Reiz und erhöht die Lebenseigenschaften (zit. nach Löw, Landw. Jahrb. 1903, S. 437).

Heute könnte man dies Gesetz vielleicht wie folgt fassen: Jeder Reiz begünstigt steigend von einem Minimum bis zu einem Optimum die Lebenstätigkeit der Pflanze, darüber hinaus kehrt sich die Wirkung um, d. h. steigender Reiz schafft steigendes Hemmnis.

[2]) Aso, Bull. of the College of Agric., Tokyo. 6, S. 131 bis 133. Ref. von Mach, Chem. Centr.-Bl. 1904, Bd. 2, S. 256.

[3]) Wohltmann, 7. Ber. d. Inst. f. Bodenlehre u. Pflanzenbau d. Landw. Akademie, Bonn-Poppelsdorf, zit. n. Fühlings Landw. Zeitg. 1905, S. 70.

[4]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Leipzig 1897, Bd. 1, S. 408.

gehender Beeinträchtigung der Bodenfruchtbarkeit schließlich eine Steigerung des Ertrags weit über die ursprünglichen Verhältnisse hinaus bewirken.[1]) Von Waldpflanzen berichtet Löw[2]) für Cryptomeria jap. eine Steigerung des Höhenwachstums und der Massenzunahme besonders durch Mangansalze. Er empfiehlt solche in Menge von 25 kg für den Hektar zur Kopfdüngung und stark verdünnt in mehreren Dosen bei gleichzeitiger Zuführung von 20 kg Eisensulfat zur Anwendung für Feldfrüchte.

Auch in der Frage über die erforderlichen Nährstoffe bietet die Theorie noch Unzureichendes. Liebig[3]) meinte 1843, die Zeit würde kommen, „wo man den Acker, wo man jede Pflanze, die man darauf erziehen will, mit dem ihr zukommenden Dünger versieht, den man in chemischen Fabriken bereitet, wo man nur dasjenige gibt, was der Pflanze zur Ernährung dient, ganz so wie man jetzt mit einigen Grammen Chinin das Fieber heilt, wo man früher den Kranken eine Unze Holz noch nebenbei verschlucken ließ". Diese Zeit ist noch nicht gekommen, aber unmöglich ist ja nichts.

---

[1]) Siehe Denkschr. ü. d. Thätigkeit d. Biolog. Abteil. f. Land- u. Forstwirtsch. a. Kaiserl. Gesundheitsamt 1903, Bd. 3, S. 445 ff. u. 1905, Bd. 4, S. 123. Hiltner, Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges., Heft 98, S. 61.

[2]) Löw, Bull of the Coll. of. Agric., Tokyo. 6, S. 125 bis 130, zit. nach Mach, Chem. Centr.-Bl. 1904, Bd. 2, S. 247.

[3]) Liebig, Agric.-Chemie 1843, 5. Aufl., S. 244.

Zufuhr mangelnder Nährstoffe.

a) Die Düngemittel.

Allgemeines.

Ist Düngung die Bereicherung des Bodens mit Pflanzennährstoffen und ihr Zweck eine Steigerung der Rente, so ist ein Düngemittel jeder Stoff, der in diesem Sinne wirtschaftlich Verwendung finden kann.

Als Düngemittel gelten aber in der Praxis nicht allein Stoffe, die lediglich zur Ergänzung der Nährstoffelemente des Bodens — also dessen chemischen Eigenschaften — dienen, sondern auch solche, denen neben chemischen noch mehr oder weniger physikalische Wirkungen zukommen. Diese letzeren Stoffe bezeichnet man im allgemeinen als natürliche oder absolute Dünger (Stallmist, Fäkalien, Streu,[1]) während man die ersteren relative, konzentrierte, oder Hilfsdünger nennt.[2])

Die absoluten Dünger enthalten meist alle Elemente, deren sich die Pflanze zum Aufbau ihres Körpers bedient, in verschiedenem Verhältnis und gebunden an organische Stoffe. Die Hilfsdünger enthalten dagegen meist nur einen oder zwei „unentbehrliche" Nährstoffe in anorganischer Bindung. Sie finden neuerdings besonders häufige Anwendung, da es in der Praxis

[1]) Kalk, den diese Definition mit einschließen könnte, nimmt eine Sonderstellung ein; obwohl ein unentbehrlicher Pflanzennährstoff, wirkt seine Zufuhr doch ertragsteigernd auch auf Böden, in denen offenbar kein Mangel an diesem Mineral herrscht; er wirkt indirekt die Vegetation begünstigend, man nennt ihn ein indirektes Düngemittel.

[2]) Die. Bezeichnung „Handelsdünger" ist weniger kritisch; natürliche landwirtschaftliche Dünger werden im Wald Handelsdünger und umgekehrt. Auch die üblichen Bezeichnungen künstliche und Mineraldünger sind nicht scharf.

viele Fälle gibt, in denen lediglich eine einseitige Zufuhr an Stickstoff, Phosphorsäure oder Kali notwendig erscheint und es unwirtschaftlich sein könnte, diese durch absolute Düngemittel zu bewirken.

Eine gewisse physikalische Wirkung ist aber selbst den Hilfsdüngern eigentümlich; sie äußert sich verschieden, je nach dem Düngemittel und dessen Verbindungsform. Nach Wollny[1]) „kann mit Sicherheit angenommen werden, daß die kohlensauren Alkalien (Kali, Natron und Ammoniak), sowie die löslichen, phosphorsauren Salze in dem Boden eine dichtere Lagerung der Bodenteilchen hervorrufen, während die Chloride und Nitrate der Bildung von Aggregaten förderlich sind und die Sulfate in dieser Richtung eine Mittelstellung einnehmen, sich aber in ihrer Wirkung auf die mechanische Beschaffenheit der Ackerkrume der ersten Gruppe nähern. Der Einfluß, den die Salze in der geschilderten Weise ausüben, macht sich bereits bei Gegenwart verhältnismäßig geringer Mengen geltend". Auch die günstige Einwirkung der Chloride und Nitrate auf die Krümelbildung hält nach Wollny[1]) nur so lange an, als sich diese Salze eben in der Bodenlösung finden. Werden sie ausgewaschen, was bekanntlich besonders bei den nicht absorbierbaren (siehe unter Düngerform und Düngermenge) leicht geschieht, so tritt nachträglich ein Verschlämmen des Bodens ein, das unter Umständen (große Bindigkeit des Bodens, wiederholte starke Düngungen) zu einer „sehr bedeutenden" Verminderung der Fruchtbarkeit führen kann.

Die Wirkung der natürlichen Dünger wird nicht allein von dem Zersetzungsgrade beeinflußt, in dem sich der Stoff im Zustand seiner Verwendung befindet, sondern auch von den Bodenverhältnissen, in die er gelangt. Wasser, Luft und Wärme, als wesentliche Faktoren der Zersetzung, haben eine verschiedene Einwirkungsgröße in den verschiedenen Bodenarten.

Im Sandboden beschleunigen die größere Durchlüftbarkeit und stärkere Erwärmungsfähigkeit die Verwesung, während die niedrige wasserhaltende Kraft dieselbe hemmt.

Im Tonboden mangelt es weniger an Feuchtigkeit als an Wärme und Luft.

---

[1]) Wollny, Arbeiten d. Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft, Heft 36, S. 57 ff.

Kalkboden nähert sich, je nach Größe der Bodenpartikel, dem Ton- oder dem Sandboden.

Auf Sandböden mit reichlichen Sickerwassermengen wird man im Gegensatz zu Tonböden die natürlichen Dungstoffe in weniger zersetztem Zustande anzuwenden haben, um eine Auswaschung der fertig gebildeten Nährstoffe zu hindern, man wird den Dünger tiefer unterbringen als auf anderen Bodenarten, man wird kurz vor der Kultur, weniger stark und wiederholt düngen.

In der Landwirtschaft werden im allgemeinen die Dungmaterialien — besonders bei Hilfsdüngern — um so höher geschätzt, je mehr sie befähigt sind, ihre Nährstoffe der Pflanze innerhalb einer Vegetationsperiode und möglichst vollständig abzugeben. Diese Eigenschaften finden Ausdruck in der Bewertung. Die Preislisten der Händler zeigen deshalb besonders für Stickstoff- und Phosphorsäuredünger Angaben über Gehalt nach Leicht- und Schwerlöslichkeit. Bei Kalidüngern kommt dies weniger in Frage, da die gangbaren unter ihnen alle leichtlöslich sind. Als Lösungsmittel dient zumeist Wasser, nur die Löslichkeit der Phosphorsäure der Thomasschlacke bestimmt man mit Zitronensäurelösung.

Im forstlichen Betriebe wird man im Gegensatz zur Landwirtschaft weniger Wert auf eine vollständige Ausnutzung in kurzer Zeit legen, vielmehr werden mehr solche Dungstoffe erwünscht sein, die auf Jahre hinaus möglichst gleichmäßig wirken.

Es kann natürlich nicht Aufgabe dieses Buches sein, alle im Handel vorkommenden und sonst zur Verwendung gelangenden Düngemittel aufzuführen; denen aber, die forstlichen Zwecken dienen oder wenigstens dienen können, ist ein breiterer Raum gewährt.

Die Düngemittel im einzelnen.

Der eigentliche, natürliche Dünger des Waldes besteht in Abfällen der Kulturpflanzen. Diese Abfälle, Blattorgane, Blüten- und Fruchtreste, Rinden- und Borkenteile, abgestorbene Zweige usw., findet man in verschieden stark zersetztem Zustande als geringmächtige Humusauflagerung auf normalen Böden. Eine solche Auflagerung zu Düngungszwecken am anderen Platze zu verwenden, ist wohl nur selten als wirtschaftliche Maßregel zu empfehlen. Anders liegt dagegen der Fall, wenn die Zufuhr

der Abfälle größer war als der Abgang durch Verwesung, wenn eine Anhäufung von Rohhumus oder Trockentorf stattgefunden hat. Dann kann eine Entnahme an Stellen, wo die Auflagerung besonders mächtig ist (Waldmooren, Mulden mit Laubansammlung usw.) zur Düngung sehr wohl zu einem wirtschaftlich berechtigten, ja sogar waldpfleglichen Eingriff werden.[1]) Es liegt kein Widerspruch darin, den „schädlichen" Rohhumus auf einer Stelle zu entfernen, um ihn an einer anderen als Düngemittel zu verwenden. Die düngende Wirkung entsteht eben erst, wenn man den Rohhumus in Verhältnisse bringt, wo er sich zersetzen kann. Dies erreicht man durch eine möglichst innige Mischung mit dem zu düngenden Mineralboden oder durch vorherige Kompostierung. Der Rohhumus wirkt dann chemisch wie physikalisch: er bereichert den Boden durch seinen Zerfall direkt an Nährstoffen, durch die dabei entstehenden Produkte beschleunigt er mittelbar auch die Umsetzung von Mineralbestandteilen des Bodens, er mindert die Auswaschung gelöster Nährstoffe, lockert schwere Böden, macht leichte bindiger und wasserhaltender, mildert Temperaturextreme, bietet der Mikroorganismenflora einen Nährboden usw. Gerade die bei der Verwesung frei werdenden Stoffe verhalten sich im Stadium des Entstehens stark aktiv.[2])

---

[1]) Analysen derartiger natürlicher „Walddünger" siehe Tabelle III. Die Güte des vorhandenen Humus steht nach Grebe, Gebirgskunde usw., Berlin 1886, S. 166, meist im umgekehrten Verhältnis zu dessen Menge. Nach Schütze (Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1871, Bd. 3, S. 375) enthielt Kiefernboden aus der Umgegend von Eberswalde folgende Mengen Humus bei 6 Ertragsklassen:

I. Ertragsklasse	0.892 %
II. „	0,555 %
III. „	1,401 %
IV. „	1,852 %
V. „	1,529 %
VI. „	1,429 %

Tuxen (s. Müller, Studien über die nat. Humusformen, Berlin 1887, S. 102, 113 ff.) fand in Buchenmull 2,11 bis 8,33 % Humus. Weitere Angaben s. bei Knop, Die Bonitierung d. Ackererde, Lpzg. 1871, S. 67. Wollny, Die Zersetzg. d. organ. Stoffe, Heidelberg 1897, S. 192 ff.

[2]) Die Möglichkeit, daß sauer reagierende Humusstoffe Ammoniak auch aus der Luft absorbieren, besteht ebenso. (S. Mulder, Chemie der Ackerkrume 1861, Bd. 1, S. 332.) Die Simonschen Angaben (Landw. Vers.-Stationen 1875, Bd. 18, S. 452 ff.), nach denen

Trockentorf (im Sinne Ramanns) verlangt wohl im allgemeinen eine Vermischung mit dem zu düngenden Boden, kräftige Böden erfordern selbst diese nicht immer. Die Zersetzungsfähigkeit ist auch verschieden, je nach der Art der Substanz, deren Menge und Verteilung und dem jeweiligen Grade des eventuell bereits bestehenden Umsetzungsprozesses.

Am Verwesungsprozeß sind hauptsächlich Mikroorganismen beteiligt. Die Schnelligkeit der Umsetzung folgt nach Wollny[1]) den gleichen Gesetzen, an die die pflanzliche Stoffproduktion im allgemeinen geknüpft ist (Minimum-Optimum-Maximum). „Unter sonst gleichen Verhältnissen ist die Verwesung abhängig: von der Temperatur, Anwesenheit von genügendem Wasser und Nährsalzen, Zutritt von Sauerstoff und Abwesenheit pflanzenschädlicher Stoffe" (Ramann).[2])

Bekannt ist, daß tierische Stoffe in der Regel rascher verwesen als pflanzliche; diese letzteren zersetzen sich wieder leichter im frischen Zustande als nach vorheriger Austrocknung. Steht nach Wollny[3]) im übrigen die Zersetzbarkeit der Pflanzenreste in einem proportionalen Verhältnis zu ihrem Gehalt an stickstoffhaltigen Bestandteilen, so machen hiervon gerade jene humosen Stoffe, welche als Fäulnisprodukte sich unter Luftabschluß gebildet haben, eine Ausnahme,[4]) „insofern sich dieselben, den Verwesungsfaktoren ausgesetzt, nur äußerst langsam entmischen". Das gilt

---

Humussäure die Eigenschaft besitzt, „den Stickstoff der Luft zu absorbieren und Ammoniak zu bilden", scheinen nach der Versuchsanstellung nicht ganz einwandfrei.

Neuerdings hat Charlotte Ternetz (Ber. d. Deutsch. botan. Gesellsch. Bd. 22, S. 267) in einer vorläufigen Mitteilung Angaben über einen torfbewohnenden, Stickstoff aus der Atmosphäre sammelnden Pilz (oxycoccus) gemacht.

[1]) Wollny, Die Zersetzung d. organ. Stoffe, Heidelberg 1897, S. 144.

[2]) Ramann, Bodenkunde, Berlin 1905, S. 129.

Ohne organisches Nährsubstrat scheint nach Beyerinck (Centr.-Bl. f. Bakt. u. Parasitenkunde, II. 10, S. 33 bis 37. Referat: Chem. Centr.-Bl. 1903, I, S. 657.) Bac. oligocarbophilus auszukommen, dem weder CO_2 der Atmosphäre noch sonstige organische Nährsubstrate als Kohlenstoffquelle dienen sollen. B. spricht dieser Bakterienart die Eigenschaft zu, im Licht wie im Dunkeln das Kohlenstoffbedürfnis aus unbekannten Kohlenstoffverbindungen der Atmosphäre zu decken.

[3]) Wollny, Die Zersetzung d. org. Stoffe, Heidelberg, 1897, S. 115.

[4]) Die Resultate der Versuche Henrys (Journ. d'agric. prat. 1897, II. S. 411 u. 485, siehe Bied. Centr.-Bl. d. Agric.-Chemie, Bd. 27,

besonders vom „Torf“; aber auch die „Waldstreu“ zersetzt sich nach Wollnys Versuchen schwierig, schwieriger als beispielsweise die stickstoffärmere Strohstreu. Als Grund dafür gelten Harz-, Wachs-, Gerbsäuregehalt, dichte Lagerung, schlechte Durchlüftung usw.

Um trotzdem eine Umsetzung herbeizuführen oder zu beschleunigen, wird man den oder diejenigen Faktoren begünstigen oder ausscheiden müssen, von denen die Verwesung abhängig ist. Die Praxis vermischt die schwerverweslichen Stoffe mit leichtverweslichen, setzt nötigenfalls noch Nährstoffe zu und sorgt für entsprechende Wasser-, Wärme- und Luftzirkulation. Das ist in großen Zügen das Verfahren der

Kompostbereitung,

welches in Forstkreisen genügend bekannt ist. Ausgangsmaterial bilden: Rohhumus, Torf, Laub, Nadeln, Rasenstücke, Grabenaushub, Straßen-, Graben-, Teichschlamm, Seeschlick usw.[1]) Die beschleunigte Zersetzung wird ermöglicht durch ein schichtenweises Aufsetzen des Ausgangsmaterials, besonders indem man zwischen je zwei ca. 40 bis 60 cm hohe Schichten eine Lage von leicht zersetzbaren oder die Verwesung begünstigenden Stoffen einbringt (Pferde-, Rindvieh-, Schweinemist, Fäkalien, Kalk, Mergel, Rasenasche, Kali usw.).[2]) Das Ganze wird zum Schutz gegen Stickstoffverlust durch eine etwa 20 cm starke Decke von Walderde abgedeckt, in mäßig

S. 831 bis 33), nach denen dieser fand, daß dürre Blätter der Waldbäume (Eiche, Buche, Haine, Aspe, Schwarzkiefer und Fichte) sowohl für sich allein, als auch gemischt die Fähigkeit haben, atmosphärischen Stickstoff in erheblichen Mengen zu binden, scheinen Wollny nicht zugänglich gewesen zu sein. Siehe auch Schwappach, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1904, S. 270. Referat über Henry, Fixation de l'Azole atmosph. — Revue des Eaux et Forêts 1904, S. 33 bis 65. Hierbei darf nicht unerwähnt bleiben, daß Hornberger, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1905, S. 72, unter tunlichster Einhaltung der Bedingungen und Verhältnisse, unter denen Henry gearbeitet hatte, Untersuchungen über den gleichen Gegenstand angestellt hat. Er kam jedoch zu durchaus anderen Resultaten und fand, daß unter sieben Streuproben nur zwei eine Zunahme an Stickstoff erfahren hatten in einer Höhe, die innerhalb der Fehlergrenze des Versuchs liegen kann (0,3 bis 0,4 kg für den Hektar bei 3300 kg Streutrockensubstanz); die anderen Versuche zeigten mehr oder weniger große Stickstoffverluste.

[1]) Analysen derartiger Materialien siehe Anhang, Tab. III.

[2]) Holzasche als alleinige Beigabe ist nicht zu empfehlen obwohl sie die Humusstoffe energisch angreift; ihr Alkaligehalt

feuchtem Zustande erhalten und im Laufe eines Jahres mehrmals vertikal umgestochen, wobei größere Teile sorgfältig zu zerkleinern sind. Je nach Ausgangsmaterial und Verwendungsart ist unter Umständen nach ein bis zwei Jahren das Material „kurz", d. h. reif. Hat man dagegen Straßenkehricht und, noch schlimmer, Unkrautgejät in reichlicher Menge verwandt, so ist zur Vernichtung der Samenkeimkraft eine längere, gleichartige Behandlung empfehlenswert, die nötigenfalls durch Zusatz hitziger Dünger zu unterstützen wäre. In den großen Pflanzenzüchtereien in Halstenbek[1]) benutzt man zu diesem Zwecke den „hitzigen" Pferdedünger. Einer Schicht von 10 cm Kehricht (Altonaer Granitpflaster) folgt dort eine doppelt bis dreifach so starke Schicht von Pferdedung usw. (Das Gejät bringt man mit in die Kehrichtschichten.) Die Firma E. F. Pein verwendet $^1/_3$ Moormulle (Rohhumus) und $^2/_3$ Pferdedung; H. H. Pein läßt Schichten einer 15 cm starken Lage Pferdedung mit einer 7 cm starken von Moormulle wechseln. Die Lagerungsdauer schwankt zwischen vier Wochen und $^1/_2$ Jahr, die Ansetzung geschieht während des ganzen Jahres; H. H. Pein bevorzugt dafür die Sommerzeit. „Innerhalb der vorgenannten Zeit ist jeder Unkrautkeim und Unkrautsamen, wie er bei Kompostansetzung mit ausschließlicher Mineralbeimengung selbst bei einjähriger Lagerung sich noch keimfähig erhält, durch die sehr starke Selbsterhitzung des Pferdedüngers verbrannt." Diese Erhitzung soll derart sein, „daß man die Hand in solche frischgemischte Komposthaufen auf einige Zeit nicht hineinhalten kann". Gipsen und Kalken findet nicht statt, Bedecken und Umstechen unterbleibt, eine Grabenanlage gegen Auslaugung hält man nicht für erforderlich. Die Entnahme erfolgt durch senkrechtes Abstechen, Aufbringen und Unterpflügen ($^2/_3$ bis 1 cbm auf den Ar). Pferdedung, wohl zurzeit das beste Mittel, wird man leider im Walde nicht immer zur Verfügung haben.

(10 bis 30 %) läßt befürchten, daß sie Humussäuren und die damit verbundenen Nährstoffe gelöst dem Boden zuführt. Dies zu beschränken, müßte durch Kalkzusatz möglich sein, da nach hiesigen Versuchen Kalihumat durch Kalk ($Ca(OH)_2$) oder Kalkkarbonat gefällt wird; 1 Teil Kali (K_2O) zu 5 Teilen Kalk (CaO) würde genügen.

Rasenasche bei 100° getrocknet, enthält nach Hampel (Centr.-Bl. f. d. ges. Forstw. 1879, S. 309) nur etwa 0,3 % Kali und 0,2 % Natrium.

[1]) Nach Schwarz, Der Waldpflanzenzucht-Betrieb in Halstenbek. Forstwissenschaftl. Centr.-Bl. 1903, S. 472.

Sonst wird man raschere Zersetzung auch durch stärkeres Vermischen der Zusätze mit dem Grundmaterial, durch weniger hohes Aufsetzen, Anlage langer, schmaler Haufen, öfteres Umstechen und Fürsorge für nötige mittlere Feuchtigkeit (Halbschattenlage) herbeiführen können. Wo Mistjauche zu haben ist, empfiehlt sich eine Zufuhr sehr; ebenso kann ein Ansäen der Komposthaufen mit Gründüngungspflanzen Nutzen schaffen.

Was den Übergang der Streuabfälle in Humus überhaupt anlangt, so erfolgt dieser im Walde nach Wollny[1]) bei Laubstreu in der Regel nach zwei bis drei, bei Nadelstreu nach drei bis vier Jahren. Unter Umständen kann sich die Zersetzung wesentlich verzögern (Rohhumus-, Torfbildung).

In der Güte steht nach Grebe[2]) Waldhumus (Blätter, Nadeln, Blüten usw.) obenan, Wildhumus (Heide, Heidelbeerkraut, Farn usw.) düngt weniger, ist träger, Moorhumus ist arm und kraftlos.

Kienitz-Eberswalde[3]) verwendet zur Herstellung eines Moormergelkompostes als Pflanzgartendung neuerdings Moorerde aus Waldbrüchern, die von Buchen und Erlen umgeben sind. Die bei niedrigem Wasserstand gewonnene Moorerde wird 0,5 m hoch am Ufer aufgeschichtet und einen Winter der Wirkung des Frostes und der Luft ausgesetzt, im nächsten Frühjahr wird 0,3 cbm Mergel zugesetzt, den gegebenenfalls gebrannter Kalk vertreten müßte. Kienitz berechnet die Kosten auf den Kubikmeter Moormergel wie folgt:

0,7 cbm Moorerde zu graben, auszukarren und 0,5 m hoch aufzuschichten (40 Pf. für den Kubikmeter	= 0,28 M.
Anfuhr (Kubikmeter 1,00 M.)	= 0,70 „
0,3 cbm Mergel zu graben und anzufahren (Kubikmeter 1,00 M.)	= 0,30 „
Wiederholtes Umstechen und Mischen	= 0,60 „
	1,88 M.

Das „Schwinden“ eingerechnet, stellt sich 1 cbm auf etwa 2 M. Verwendung: $1^1/_2$ bis 2 cbm auf den Ar.

Weniger guten Moorboden und solchen, der zur Bereitung eines Kompostes für anspruchsvolle Gewächse dienen soll, empfiehlt

---

[1]) Wollny, Die Zersetzung d. organ. Stoffe, Heidelberg 1897, S. 307.

[2]) Grebe, Gebirgskunde, Bodenkunde usw., Berlin 1886, S. 166.

[3]) Kienitz, Ber. d. Hauptvers. d. Deutschen Forstvereins, Leipzig 1903, S. 191.

Kienitz durch Zusatz von Kalisalz, Thomasmehl, Ammoniak-Superphosphat[1]) oder auch durch tierischen Dünger neben Mergel in seiner Wirksamkeit zu verbessern.

Bierdimpfel[2]) läßt einer 30 cm hohen Schicht Grundmaterial (Rasenstücke, Laub, Erde usw.) eine solche von 4 bis 6 cm Torfmull (Torfklein) folgen, nach einem „kräftigen Überstreuen" mit Kalk wird als nächste Schicht ca. 8 cm stark Rasenasche aufgelegt und mit Staßfurter Salz „leicht überstreut", eine 10 cm hohe Schicht Walderde bildet für das Ganze das Deckmaterial. Kosten für den Kubikmeter 1,77 M.

Die öfters beobachtete nachteilige Wirkung einer direkten Zufuhr leichtlöslicher Düngemittel auf Holzpflanzen, besonders auf humusarmen Sandböden geringer Absorptionsfähigkeit, dürfte ein vorheriges Kompostieren mindestens einschränken. Heynemann[3]) verwendet Komposterde, „die im Laufe der Jahre durch häufiges Umstechen humusreicher Pflanzenstoffe, Walderde usw. unter Zugabe von 1 l Kalk für den Kubikmeter gewonnen und bei der Verschulung von Pflanzen mit 2 cbm auf den Ar gegeben wird". Laubholzpflanzen erhalten daneben „bei der ersten und zweiten Verschulung gern eine unterzugrabende Kali- und Phosphorsäuredüngung und bei feuchter Witterung nach der Pflanzung eine Kopfdüngung von 2 kg Chilisalpeter auf den Ar in zwei Gaben".

Der Kompost bildet, soweit mir Unterlagen zur Verfügung stehen, das Hauptdüngemittel im Pflanzgartenbetrieb. Zehn namhafte deutsche Firmen, die Forstpflanzenzucht kaufmännisch betreiben, benutzen nach mir gegebenen Auskünften kompostierten Stalldünger fast ausschließlich; dies ist ein Moment, das wohl der Beachtung wert erscheint.[4])

---

[1]) Statt der teureren Superphosphate und des Thomasmehls dürfte die Verwendung von billigen (unaufgeschlossenen) Phosphoriten zu raten sein, da sich zersetzende Moorsubstanzen dafür gerade ein großes Aufschließungsvermögen besitzen. Siehe Heiden, Düngerlehre 1887, Bd. 2, S. 505. Schmöger (Chem. Centr. Bl. 1897, Bd. 1, S. 1249) fand, daß gewisse Moostorfe, mit Wasser, Thomasmehl oder Rohphosphaten versetzt, ein Aufschließungsvermögen weit über die Zitratlöslichkeit (S. 54) dieser Phosphorsäuredüngemittel hinaus besaßen.

[2]) Bierdimpfel, Baur's Forstwiss. Centr.-Bl. 1881, S. 73.

[3]) Heynemann, Kgl. Forstm. u. Forstbeirat d. Landwirtschaftskammer f. d. Prov. Pommern, priv. Mitteil.

[4]) Eine dieser Firmen schreibt mir: „Habe große Düngeversuche mit bereits allen künstlichen Düngern gemacht und auf alle möglichen

Kompost empfiehlt sich, wie Dungstoffe ähnlicher Zusammensetzung (Stalldung, Fäkalien, Poudrette, Guano usw.), wegen seiner mannigfaltigeren Zusammensetzung speziell für eine Wirtschaft, die nicht eine genauere Beobachtung über die jeweilig einseitigen Nährstoffbedürfnisse zur Grundlage haben kann. Jene Dünger enthalten die Nährstoffe oft nicht in dem Verhältnis, wie sie dem gerade vorliegenden Bedarfe entsprechen. Man könnte manchmal wohl ein einseitiges Stickstoffbedürfnis besser durch Salpeter oder Ammoniaksulfat, ein Phosphorsäurebedürfnis durch Thomasmehl, Superphosphat usw. decken. Doch wo Platz, Zeit, Geld oder Erfahrung mangeln, sich eingehender zu unterrichten, kann die Verwendung jener Dungmaterialien, trotz der dabei möglichen Zufuhr „unnötiger" Stoffe, das relativ beste Verfahren darstellen.

Maikäfer-Kompost.

Das Grundmaterial ist das gleiche, wie es zu Komposthaufen (s. S. 30) Verwendung findet, die Maikäfer werden dazwischen eingeschichtet. Grouven[1]) empfiehlt eine Benutzung bereits nach einigen Monaten, wegen hohen Verlustes an Chitin-(Stickstoff-) Substanz. „Vermehrung des Kalkes (bis zu 7 $^1/_2$ $^0/_0$) oder auch Anwendung von Schwefelsäure ($^1/_2$ Ztr. Kammersäure auf 1000 Pfd.) resp. Kompostierung mit Pferdemist" gaben betreffs des Stickstoffverlustes kein „günstiges" Resultat. Doch scheint mir hier irgend ein Versehen vorgekommen zu sein. Verwendet man, wie dies im Walde häufiger vorkommen wird, Rohhumus oder ähnliches „saures" Material zum Aufsetzen, so müßte ein Stickstoffverlust nur gering bleiben. Man sorge nur für Neuzufuhr saurer Stoffe, ehe ein Ausblühen[2]) salpetersaurer Salze erfolgt, die infolge der Umsetzung entstehen. (Lackmusprobe.)

Schütze[3]) bemerkt über Maikäfer-Kompost in Saatbeeten, daß

Arten, und bin zur Überzeugung gekommen, daß bei kaufmännischer Berechnung der teuerste Mist immer noch billiger und vorteilhafter ist wie jeder, auch der billigste künstliche Dünger."

[1]) Grouven, Hoffmanns Jahresber., 9. Jahrg., S. 239, nach Heiden, Düngerlehre 1887, Bd. 2, S. 336.

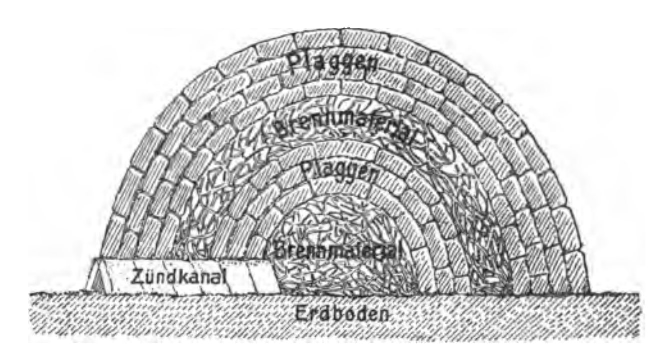
[2]) S. Dünkelberg, Encyklopädie u. Methodologie d. Kulturtechnik, Braunschweig 1883, Bd. 2, S. 126.

[3]) Schütze, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1879, Bd. 10, S. 63.

dessen günstige Wirkung im zweiten Jahre bedeutend nachließ, im dritten sich kaum noch bemerklich machte.

Rasenasche.

Ich gebe hier die Darstellung nach Heß,[1]) der viel damit gearbeitet hat. Rasenasche wird erhalten durch das Schmoren von Plaggen. Lehmboden liefert die beste, Sandboden die geringwertigste Rasenasche;[2]) Ton, namentlich eisenschüssiger, brennt leicht fest. Die Plaggen werden im Frühjahr bei feuchter Witterung mit breiten Hacken etwa 30 bis 40 cm im Quadrat abgeschält und auf der Schälfläche selbst — die benarbte Seite nach innen,



Schemat. Längsschnitt eines Meilers zur Rasenaschegewinnung.

die Erdseite nach außen gekehrt — kegelförmig zum Trocknen aufgestellt. Das Schmoren wird im Frühsommer bei trockener Witterung vorgenommen. Dünne Plaggen von einem stark durchwurzelten, mit höherem Unkrautbezug (z. B. Vaccinien) bekleideten Boden lassen sich ohne Zusatz von Brennmaterial schmoren, wenn sie gehörig ausgetrocknet sind; man legt sie in meilerartige Haufen von 0,6 bis 1,0 m Durchmesser und 0,6 m Höhe locker zusammen und zündet sie an der Windseite an. Dickere und insbesondere auch nicht vollständig ausgetrocknete Plaggen können jedoch nur unter Zuhilfenahme von Brennmaterial gehörig durch-

---

[1]) Heß, in Heyers Waldbau, 4. Aufl., Lpzg. 1893, S. 253.

[2]) Nach Mayer (Düngerlehre, 4. Aufl., 1895, S. 103, Anmerk.) scheint abgeplaggter Heideboden „nur mit großer Schwierigkeit zur Waldkultur herangezogen werden zu können, während dieselbe auf unberührter Heide durchgängig Vorteile abwirft“.

3*

gebrannt werden. Brennmaterial und Plaggen können auch schichtenweise abwechselnd, meilerartig aufbereitet werden. Hierbei muß jedoch (nicht wie beim Komposthaufen) die Anlage derart sein, daß ein Längsschnitt durch dieselbe eine radiale Anordnung der wechselnden Einzelschichten zeigt (siehe umstehende Zeichnung). Das Anzünden des Meilers geschieht vermittelst eines durch dachförmiges Aneinanderlegen von je zwei Plaggen gebildeten Kanals, der von der Peripherie nach dem Zentrum führt. Die zweite Lage Brennmaterial wird sich entzünden, sobald das Feuer die dem Kern am nächsten liegende Plaggenschicht durchdrungen hat. Kommt die letzte Plaggenschicht ans Feuer, so entstehen häufig Risse, die man mit neuen Plaggen bedeckt, damit die Flamme nicht durchschlägt. Dieses Nachlegen erfordert bei größeren Haufen häufig ebensoviel Material, als anfangs zur Anwendung gelangte. Mit Vorteil läßt sich hier das aus Kämpen ausgestochene Unkraut mitverbrennen. Ein großer Meiler glüht einige Wochen.

Die abgekühlte Asche bringt man auf Haufen und bedeckt diese zum Schutze gegen Abschwemmen und Auslaugen durch Regen mit umgekehrten Rasenplaggen.

Man hüte sich vor einer Anwendung im frischen Zustande, wegen der dann mehr oder weniger bestehenden kaustischen Wirkung, welche längeres Liegen (Zutritt von Kohlensäure) mildert bzw. aufhebt.[1])

„Mehrjähriges“ Lagern [2]) soll dagegen umgekehrt die Dungkraft bedeutend mindern. Mineralisch kräftige (tonreiche) Böden liefern wirksame, arme Sandböden schlechte Rasenasche. Gras-, Heidelbeer- und Heiderasen können nach Grebe[3]) „schon als Maßstab für die abnehmende Qualität dienen“. Durch das Brennen wird ein Produkt erzeugt, das den Kulturboden chemisch und phy-

---

[1]) Danckelmann, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1870, Bd. 2 S. 336/37, bemerkt, daß „in frischem Zustande verwendete Rasenasche sich öfter durch Erzeugung von Wurzelfäulnis usw. mutmaßlich durch Übermaß von kohlensaurem Kali nachteilig erwiesen habe“. — „Auf Kiefernsaatbeeten soll Rasenasche nach Mitteilungen des Forstdirektors Burckhardt mit Erfolg als ein Mittel gegen Schütte angewandt sein.“

[2]) Danckelmann, Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen 1870, Bd. 2 S. 337, bemerkt: Es ist bekanntlich Regel, die Rasenasche schon im Sommer vor der im Herbste oder im nächsten Frühjahr stattfindenden Verwendung zu bereiten.

[3]) Grebe, Gebirgs- und Bodenkunde, Berlin 1886, S. 209.

sikalisch zu bessern vermag: Die Bestandteile der vegetabilischen Reste und des Mineralbodens werden in löslichere Form gebracht, beigemengte Kohleteilchen und die gebrannte Erde bessern pkysikalisch.[1])

Eine Analyse voh Hampel[2]) ergab:

	100 g Rasenasche roh:	oder	bei 100° getrocknet:
Calciumsulfat	0,213 %	=	0,112 % CaO (s. unten.) 0,161 % SO_3
Calciumchlorid	0,350 %	=	0,281 % K_2O 0,212 % Cl
Natrium	0,151 %	=	0,194 %
Eisenoxyd	0,012 %	=	0,015 %
Borsäure	0,001 %		
Sand	70,00 %		
im Sand: Kalk . . .	0,323 %	=	0,414% also Sa. 0,526 %
im Sand: Phosphorsäure	0,001 %	=	0,001

Heß[3]) gibt nur den Phosphorsäuregehalt an, nach dem Mittel aus zwei Analysen berechnet sich derselbe auf 0,093 %. Je nach Rohmaterial und Behandlungsweise wird die Asche im Gehalt verschieden sein.

Das Schälen der Plaggen erfordert nach Heimberger[4]) für den Ar 2,5 Tagearbeiten. Die Gesamtkosten bei einem Mannestagelohn von 2 M. und einem Frauentagelohn von etwa 1 M.

---

[1]) Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung scheint der Prozeß noch nicht gewesen zu sein. Da aber nach Grebe ein Tongehalt die Dungwirkung wesentlich erhöht, wird dessen Umwandlung beim Brennen auch wesentlich für die Güte des Endproduktes sein: Ton verliert bei Glühhitze seine Hydratwasser, damit seine Aufschlämmbarkeit und Plastizität dauernd, bei steigender Temperatur, treibt die Kieselsäure Kohlen-, Schwefelsäure und Chlor aus und bildet mit Alkalien, Kalk, Magnesia unb Eisenoxyd Silikate, die sich wiederum mit Tonerdesilikat zu Doppelverbindungen umsetzen. (Vergl. Wagner, Chem. Technologie, Leipzig 1889, S. 751.) Geglühter, humoser Lehm zeigte gegen ungeglühten nach einer Analyse von Dietrich (Journ. f. prakt. Chemie 1858, S. 136) eine größere Menge löslicher Stoffe überhaupt, besonders für Alkalien (8 : 1), ebenso für Kalk und Magnesia; Eisenoxyd und Tonerde waren dagegen fast unlöslich geworden. Nach Heiden, Düngerlehre 1887, Bd. 2, S. 933, zeigt gebrannter Ton nur dann eine günstige Wirkung, wenn er kalkhaltig war, Heiden empfiehlt gegebenenfalls einen entsprechenden Zusatz.

[2]) Hampel, Zentr.-Bl. f. d. g. Forstwesen 1879, S. 309.

[3]) Heß, Zentr.-Bl. f. d. ges. Forstwesen 1884, S. 409.

[4]) Heimberger (G. W. von Wedekind, Neue Jahrb. d. Forstkunde 1848, S. 62,) zit. nach Heyer, Waldbau 1893, S. 256.

stellen sich nach Heß je nach Witterungsverhältnissen und Transportweite auf 43 bis 77, im Durchschnitt auf 50 Pf.[1]) für den Hektoliter. Das Gewicht des Hektoliters ist ca. 95 kg. Um 1 hl Asche zu erzeugen, wurden 13,6 qm Bodenfläche abgeplaggt.

Während in früheren Zeiten die Rasenasche häufig angewandt wurde, kann sie heute nur in Ausnahmefällen mit den Hilfsdüngern konkurrieren. Man verwendet in Pflanzgärten nach Heß[2]) 1 bis $1^1/_4$ hl für ein Saatbeet von 5 qm, eine Düngung, die „sich wiederholt von vorteilhaftem Einfluß auf das Wachstum der Fichte zeigte". Für Freikulturen wurden nach von Nachtrab[3]) zwei Weiberhände voll in jedes Pflanzloch gegeben.

Die Holzasche

ist als Düngemittel seit alter Zeit bekannt. Da die Technik sie aber neuerdings zu hohen Preisen ankauft, hat sie mehr und mehr an Bedeutung als Düngemittel verloren. Heute Holzasche im Wald zur Düngung darzustellen, dürfte nur im Ausnahmefalle vorteilhaft sein. Die Aschenmengen der Hölzer sind äußerst gering, sie gehen kaum über 0,5 Prozent der Trockensubstanz hinaus (Ausnahme: Akazie), bleiben aber selten unter 0,3 Prozent zurück.[4]) Daß je nach dem Standort die Aschenprozente schwanken können, daß sie in jüngeren Individuen höher sind als in älteren, daß sie verschieden verteilt sind im Kernholz, Splintholz, in den Ästen, den Blattorganen, der Rinde usw. sind bekannte Tatsachen.

---

[1]) Bei Benutzung der von Heß in der Literatur gemachten Angaben würde sich wohl ein (arithm.) Durchschnittspreis von 65 Pf. ergeben:

1869	57	Pf. für den Hektoliter,
1870	43	„ „ „ „
1874	63	„ „ „ „
1876	61	„ „ „ „
1879	90	„ „ „ „
1882	77	„ „ „ „

Sa. $\frac{3,91}{6} = 0,65$

[2]) Heß, Zentr.-Bl. f. d. ges. Forstwesen 1879, S. 412.

[3]) von Nachtrab, Anleitung zu dem neuen Kulturverfahren d. Oberförsters Biermanns.

[4]) Ramann, Forstl. Bodenkunde u. Standortslehre, Berlin 1893, S. 318.

Nach Wolff[1]) enthalten

100 Teile wasserfreier Ascheteile:

	Kali	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure
Buche	20—30	25—40	± 10	8—14	± 2
Eiche	25—35	18—25	± 16	12—20	± 2
Birke	15—20	20—30	± 13	8—12	± 1
Kiefer	± 13	± 45	± 8	± 7	± 3
Fichte	12—30	± 25	± 8	± 2	± 3

Im Handel vorkommende Holzaschen sind vielfach mit Stein- und Braunkohlenaschen gemischt, so daß Vorsicht beim Einkauf geraten erscheint. Bei einem Preise von 0,80 bis 1,25 Mk. für den Hektoliter reiner Holzasche „kaufen wir in derselben das Kali und die Phosphorsäure am billigsten“ (Heiden). Nach Mayer[2]) kann man für gewöhnliche, unverfälschte Holzasche einen Gehalt von 7 bis 10 % Kali und 1 bis 3 % Phosphorsäure annehmen.

Holzasche ist noch vorsichtiger als Rasenasche anzuwenden (s. S. 35), weil ihr Gehalt an Alkalien und alkalischen Erden ein Mehrfaches von dem der Rasenasche ist. Sandböden mit geringem Absorptionskoëffizienten und geringer wasserhaltender Kraft sind den nachteiligen Wirkungen der Holzasche mehr ausgesetzt. Toniger, kalter, humussaurer Boden wird durch die energische Umsetzung, die die Holzasche auf mineralische wie organische Bodenteile ausübt, wesentlich gebessert und der Pflanzenwuchs „sichtlich und nachhaltig“ begünstigt. Für Sandböden verringere man deshalb die Gaben und wiederhole sie gegebenenfalls; auch ein Vermischen (Kompostieren) mit Dammerde, Rohhumus, Torfmull usw. vor der Verwendung kann nachteilige Wirkungen beschränken oder ganz beseitigen.

Holzasche begünstigt wegen ihres starken Kaligehaltes noch mehr als die Rasenasche das Wachstum der Gramineen. Sie bildet den Hauptanteil des früher viel in Pflanzgärten angewendeten

[1]) Wolff, mitgeteilt von Mayer, Düngerlehre, 4. Aufl. 1895, S. 104, näheres siehe bei Wolff, Aschenanalysen, 2. Teil 1880, S. 158 u. Heiden, Düngerlehre 1887, 2. Bd., S. 324. Unter Zugrundelegung der in Tabelle I am Schlusse des Buches angegebenen Reinaschengehalte forstlicher Sortimente wird man weiter die ungefähren Mineralstoffmengen berechnen können.

[2]) Mayer, a. a. O., S. 105.

Vonhausen'schen[1]) Mengedüngers, wovon man nach Hess[2]) 25,6 Ztr. für den Hektar braucht, und zwar 19,6 Ztr. Holzasche, 4 Ztr. Guano und 2 Ztr. Knochenmehl, bei 115 M. Kosten für den Hektar.

Stalldünger.

Die Stalldünger bestehen zumeist aus Einstreu und den Auswurfstoffen von Nutztieren. Je nach Ausgangsmaterial und Grad der Verarbeitung ist Gehalt und Wirkung verschieden. Für den Forstmann kommen hauptsächlich in Betracht Rinder-, Pferde- und Schafmist, und zwar zur direkten Anwendung oder zur Kompostierung im Pflanzgartenbetrieb. Es enthalten

1000 Teile ca:[3])

Bezeichnung des Düngers	Wasser	Organische Substanzen und Asche	Stickstoff	Kali	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure
Frischer Pferdekot	757	243	4,4	3,5	1,5	1,2	3,5	0,6
„ Rinderkot	838	162	2,9	1,0	3,4	1,3	1,7	0,4
„ Schafkot	665	345	5,5	1,5	4,6	1,5	3,1	1,4
Frischer Pferdeharn	901	99	15,5	15,0	4,5	2,4	0,1*	0,6
„ Rinderharn	938	62	5,8	4,9	0,1	0,4	0,1*	1,3
„ Schafharn	872	128	19,5	22,6	1,6	3,4	0,1	3,0
Frischer Pferdekot u. Streu	713	287	5,8	5,3	2,1	1,4	2,8	0,7
„ Rinderkot u. „	775	225	3,4	4,0	3,1	1,1	1,6	0,6
„ Schafkot u. „	646	354	8,3	6,7	3,3	1,8	2,3	1,5
Mistjauche	982	7	1,5	4,9	0,2*	0,3*	0,1*	0,6*

(Anmerkung. Mit * bezeichnete Zahlen sind ergänzt nach anderen Untersuchungen.)

Eine ausführlichere Zusammenstellung über die hauptsächlichsten Düngemittel bringt Tabelle IV am Schlusse dieses Buches, aber auch diese Zahlen sind nur Durchschnittszahlen. Sie zeigen, daß die Exkremente der Schafe die nährstoffreichsten sind, dann folgen die des Pferdes, zuletzt die des Rindes. Dieser Reihenfolge

[1]) s. Vonhausen, Allg. Forst- u. Jagdztg. 1872, S. 218.
[2]) Hess in Heyer's Waldbau, 4. Aufl. 1893, S. 259.
[3]) Analysen von E. v. Wolff, abgedruckt bei Wender, Landwirtsch. Chemie, Berlin 1897, S. 122 u. 128.

entsprechend verläuft auch die Umsetzung. Man nennt Pferde- und Schafmist „hitzige“ Dünger, im Gegensatz dazu den Rindviehmist „kalt“, weil seine Umsetzung langsamer und unter geringerer Wärmeentwickelung verläuft. Die Art des Streumaterials ist dabei nicht ganz ohne Einfluß, stickstoffreiches Stroh (Leguminosen) verwest im allgemeinen rascher als das der Getreidearten; weiter zurück stehen Laub und Nadelstreu, Torf nimmt die letzte Stelle ein, trotz seines verhältnismäßigen Reichtums an Stickstoff.[1]) Die Zersetzung wird natürlich unterstützt, wenn man den einwirkenden Mikroorganismen möglichst günstige Lebensbedingungen verschafft und ihnen breite Arbeitsflächen bietet.

Die Produkte dieses Prozesses sind teils flüchtig, teils leichtlöslich. Durch geeignete Behandlung der Dungstoffe in den Lagerstätten (Tiefstall, überdachter, zementierter Dungsammelraum, Verhinderung der Austrocknung) sucht man Verluste wertvoller Zersetzungsprodukte zu verhindern. Gleiches erstrebt man bezüglich des Ammoniak-Stickstoffes (des wertvollsten Bestandteils) durch Zusatz von Chemikalien (Kainit, Gips, Superphosphat, Schwefelsäure, Kalk, Mergel usw.).[2]) Man soll dadurch eine Verminderung des Stickstoffverlustes bis etwa 10% erreichen, d. h. so wenig, daß man bei Anwendung dieser Maßregel genau kalkulieren muß zwischen Aufwand und Vorteil.[3]) Daß Mist und Mist verschieden ist, beachte auch der Forstmann beim Ankauf. Für lockere, tätige Böden wird er (zur direkten Anwendung) im allgemeinen einen weniger verrotteten Dünger vorziehen, für bindige, untätige einen mehr in Zersetzung übergegangenen. Doch hat auch eine umgekehrte Wahl Berechtigung, wenn mehr an eine Regulierung der physikalischen Eigenschaften als an eine Nähr-

---

[1]) Zahlenmaterial für diese Angaben siehe bei Wollny, Journ. f. Landw. 1886, S. 276.

[2]) Nach Wagner (Arb. d. Deutsch. Landwirtsch.-Ges., Heft 98, S. 36 ff.) wirken davon nur Superphosphat und Schwefelsäure, doch kostet deren Anwendung „mehr Geld, als das Ammoniak wert ist, das man durch sie vor Verflüchtigung schützt“.

[3]) Siehe Pfeiffer, Arbeiten d. Deutschen Landwirtsch.-Ges., Heft 73. Wollny, Die Zersetzung der org. Stoffe, Heidelberg 1897, S. 410 ff. Vogel, Arbeiten der Deutschen Landwirtsch.-Ges., Heft 17, S. 109. Literatur zu den zahlreichen Arbeiten über „Konservierung des Stalldüngers“ siehe auch Mayer, Düngerlehre, Heidelberg 1902, 5. Aufl. S. 55 ff.

stoffzufuhr gedacht ist. Ferner wird man im allgemeinen „hitzige“ Dünger bindigen, „kalten“ Düngern für lockere Böden vorziehen; es wird sich für diese letzteren Böden weiter empfehlen, das Dungmaterial tiefer unterzubringen,[1]) sonstige Wechselseitigkeiten ergeben sich von selbst. Im forstlichen Betriebe findet der Stalldünger wohl die hauptsächlichste Anwendung im Pflanzgarten zur „Kompostbereitung“ (s. S. 30 ff.).

Der Stalldünger ist chemisch wie physikalisch im Boden wirksam.[2]) Je mehr er verrottet ist, um so geringer ist sein Gehalt an organischen Bestandteilen, und um so reicher ist er an assimilierbaren Pflanzennährstoffen und umgekehrt. Diese Nährstoffe werden dem Boden (der Pflanze) je nach den Umständen, die eine Zersetzung begünstigen oder hemmen, rascher oder langsamer zugeführt. Die Wirkungsdauer dieser Dungstoffe wird also von jenen Verhältnissen mitbestimmt werden; auch die zuzuführende Düngermenge wird davon beeinflußt sein, d. h. man wird lockere, tätige Böden öfter und weniger stark düngen als bindige, untätige Böden.

Im landwirtschaftlichen Betriebe gelten:

20 Fuder zu je 1000 kg als schwache,	Stallmist-Düngung auf den Hektar, für 3 bis 4 Jahre ausreichend;
30 „ „ „ 1000 „ als mittlere,	
40 „ „ „ 1000 „ als starke	

für lockere bis mittelschwere Böden empfiehlt man alle vier Jahre wiederkehrend eine Zufuhr von 35 000 bis 45 000 kg, für schweren, kalten Boden dagegen eine solche von 60 000 bis 75 000 kg für den Hektar alle fünf bis sechs Jahre. Die Angaben wechseln natürlich, zumal auch die Fruchtfolge von Einfluß ist.[3]) Es scheint, daß im Walde zur direkten Unterbringung ähnliche Mengen verwandt werden wie im landwirtschaftlichen Betriebe, allerdings sind auch hier die begleitenden Umstände zu beachten.[4])

---

[1]) Bei Verwendung von weniger „kurzem“, „sperrigem“ Dungmaterial auf lockerem Boden wäre zu erwägen, ob dadurch das Pflanzbeet nicht allzusehr gelockert wird.

[2]) Hiltner (Arbeiten der Deutschen Landwirtsch.-Ges., 1904, Heft 98, S. 78) meint: „Vergessen wir vor allem auch nicht, daß jedenfalls der wichtigste Bestandteil des Stallmistes nicht in seinem Stickstoffgehalt, sondern in seinem Humusgehalt gegeben ist.“

[3]) Siehe Heiden, Düngerlehre 1887, Bd. 2, S. 179 ff.

[4]) Nach Dankelmann, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1870, S. 332, „reichen acht Fuder Pferdemist für den preußischen Morgen = 25,53 a) zu einer vollen Düngung aus“.

Nach Grundner (Ref. Matthes, 27. Bericht Thüring. Forst-

Die Rechnung muß ferner entscheiden, ob es sich empfiehlt, statt reinen Stalldünger, diesen mit Waldabfällen gemischt und kompostiert zu verwenden, ob eine Gründüngung mit oder ohne Zufuhr von Hilfsdüngern gleiches leistet, ob und inwieweit an einer Stallmistdüngung gespart werden kann durch Reduktion der Höhe und Ersatz des Ausfalls an Nährstoffen durch Zufuhr von Hilfsdüngemitteln usw.[1])

Die günstige Beeinflussung, die der Boden durch eine Zufuhr organischer Stoffe in physikalischer Hinsicht erfahren kann (s. S. 28), gilt für eine Stalldüngerzufuhr in erhöhtem Maße. Nur etwas wäre dabei ergänzend hinzuzufügen, das ist die Einführung einer besonders reichen Mikroorganismenflora, deren Tätigkeit dem Waldboden wie der Waldpflanze von großem Vorteil zu sein scheint. Nach einer entsprechenden Stalldüngerzufuhr kommt Bewegung in den Boden, Umsetzungen finden statt, der Boden wird tätig, kommt in Gare, die gerade dem Waldboden häufig fehlt, und die durch relative Dünger nur teilweise zu erreichen ist.[2])

---

wirte, 1900, S. 16) gelten 30 Fuder zu je 20 Ztr. (= 30000 kg) als „starke" Mistdüngung (Kosten ca. 420 M.).

Schmidt, Fichtenpflanzschulen S. 41, zit. nach Fürst, Pflanzenzucht 1897, S. 59, erklärt 200 Ztr. Stalldünger (Rindviehdünger) gleich 20 Wagenladungen auf den Hektar für eine ausreichende Düngung für Fichten-Saat- und Pflanzbeete, fordert aber um der nachhaltigen Wirkung und nötigen größeren Nährstoffmenge willen das doppelte Quantum, wenn die Pflanzen drei Jahre im Pflanzbeet stehen sollen.

Eine Wagenladung auf je 5 a dürfte aber für eine sehr mäßige Düngung zu erachten sein! (Anm. von Fürst.)

[1]) Eine mittelstarke Stallmistdüngung von 25000 kg auf den Hektar führt dem Boden z. B. etwa zu 4250 kg organische Massen mit 135 kg Stickstoff, 62,5 kg Phosphorsäure, 175 kg Kali und 175 kg Kalk. Der Entzug durch einjährige Fichten beträgt demgegenüber auf den Hektar etwa 2,2 kg Phosphorsäure, 4,6 kg Kali, 3,9 kg Kalk!!

[2]) Hierbei sei jedoch darauf hingewiesen, daß auf besseren (landwirtschaftlichen) Böden, wie es scheint, eine Bodenbearbeitung (Schwarzbrache) gleiches leisten kann wie eine Düngung, ja noch mehr, daß die Bodengare durchaus nicht etwa in den meisten Fällen an einen Nährstoffmangel gebunden zu sein braucht. So berichtet Caron, Ellenbach (Protokoll d. Sitzung d. Landwirtsch.-Gesellsch. d. Provinz Hannover, 1896), daß es ihm nicht gelang, auf seinem Boden (lehmigem Buntsand) die bekannten Rothamstedter und Sawbridgeporter Versuche nachzumachen, d. h. Weizen fortgesetzt auf Weizen zu bauen. „Nachdem bereits im dritten und vierten Jahre die Erträge erheblich abgenommen hatten, wurde

Daß „frischer“ Stalldünger, besonders Pferde- und Schafmist, bei Saaten und Verschulungen schädlich wirken kann, ist auf leichten Böden öfter beobachtet worden. Daß auch Wurzelfäule bei einjährigen Kiefern und Krebsschäden an Obstbäumen darauf zurückgeführt werden können, wie Danckelmann[1]) angibt, mag nicht allgemein zutreffen. Eine kräftige Düngung mit Stalldünger kann dagegen unter Umständen ein spätes Ausreifen der Pflanzen und damit Frostgefahr im Gefolge haben.

Die Mistjauche ist die vom Dunglager abfließende Flüssigkeit, ein Gemisch von Harn, Regenwasser und Auslaugungsprodukten des Stalldungs. Ihr Wert ist je nach der Behandlung sehr verschieden, sie wird um so wertloser, je größer der Anteil Regenwasser und je geringer der Stickstoffgehalt ist. Von einer Dungstätte in guter Beschaffenheit pflegt im allgemeinen auch die Jauche besser zu sein. Der Forstmann wird wohl nur selten in die Lage kommen, sich dieses Mittels zu bedienen. Gareis[2]) schätzt Jauche als Beigabe zu Komposthaufen, die er zu diesem Zwecke oben muldenförmig vertieft. Auch Danckelmann[3]) berichtet über einen Versuch aus den Landesbaumschulen in Potsdam, wo in „mattgewordenen und durch Maikäferlarven ausgefressenen Quartieren“ dadurch eine „auffallend gesunde und kräftige Vegetation“ erzielt wude, daß man dieselben auf den preußischen Morgen (= 25,53 a) mit 4 Ztr. eines Kompostes behandelte, der „zur Hälfte aus Knochenmehl und zur anderen Hälfte aus Kompost und Jauche“ bestand; nach vier bis fünf Monaten Lagerzeit verwendete man das Ganze.

Nicht unwesentlich für die Wirkung der Jauche ist ebenso

---

im fünften Jahre eine nennenswerte Weizenernte überhaupt nicht mehr erzielt, trotzdem alljährlich alle Pflanzennährstoffe im Überschuß gegeben worden waren. Nachdem aber das betreffende Ackerstück nach der fünften Weizenernte das sechste Jahr in einer Schwarzbrache gelegen hatte, brachte es im siebenten Jahre wieder eine normale Weizenernte.“ Auch das sei noch erwähnt, daß Caron, der bekanntlich seit 1886 ohne Stallmist arbeitet und von Mineraldünger seit 1893 nur Chili (ca. 100 kg auf den Hektar) der aufgehenden Saat gibt, nach einer mir i. J. 1904 gemachten Mitteilung, in den letzten zwei Jahren seiner Wirtschaft die besten Ernten erzielt hat.

[1]) Danckelmann, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1870, S. 332.

[2]) Gareis, Forstwissensch. Zentr.-Bl. 1903, S. 242.

[3]) Danckelmann, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1870, S. 333.

wie beim Stalldünger die Einführung einer Mikrobenflora in den damit gedüngten Boden, woraus sich mannigfache Umsetzungen ergeben, die gleiche Mengen Hilfsdünger in gleicher Verteilung kaum hervorbringen können.

Obwohl die Jauche im forstlichen Betriebe nur ein Düngemittel im Ausnahmefall darstellen wird, sei doch für besondere Fälle darauf hingewiesen, daß sich bei dauernder Benutzung ein Mißverhältnis zwischen Kali und Phosphorsäure ergeben müßte, entsprechend dem Gehalte (auf 50 Teile Kali entfällt ein Teil Phosphorsäure!).

Die menschlichen Exkremente

wechseln in der Zusammensetzung nach Ausgangsmaterial, Verarbeitung und Behandlung nach der Ausscheidung. Die organischen Stoffe des Harns und der Fäces unterliegen ebenso wie diejenigen der natürlichen Dünger einer Umsetzung durch Mikroorganismen, wodurch an wertvollem Material besonders Stickstoffverluste entstehen können.

Nach Heiden[1]) werden im Durchschnitt von einem Menschen ausgeschieden für den Tag: 1200 g Harn, 133 g Kot = im Jahre 486,5 kg; diese enthalten:

34,45 kg feste Bestandteile,

28,15 kg organische Stoffe { darin: 5,15 kg Stickstoff, 6,4 kg Asche { darin: 1,26 kg Phosphorsäure, 1,08 kg Kali. } }

Eine Konservierung der in den Fäkalien enthaltenen Nährstoffe kommt auch jetzt noch bei uns kaum in Betracht. Möglichst rasche, saubere Wegführung ist Hauptaufgabe der Abfuhrsysteme. Eventuelle Zusätze gelten weniger der Erhaltung der Dungkraft, sie beeinträchtigen in gewissen Fällen sogar diese.

Die Landwirtschaft nutzt die Fäkalien gewöhnlich mit Wasser oder Jauche zusammen als Kopfdünger oder nach vorheriger Kompostierung. Gleiche Behandlung und Verwendung würde sich auch für die Anwendung im forstlichen Betriebe empfehlen. Das verhältnismäßig große Volumen bei geringen Dungeinheiten gestattet entsprechend wenig Transportkosten. Um diese zu

[1]) Heiden, Lehrbuch d. Düngerlehre, Hannover 1887, Bd. 2, S. 216.

verringern, konzentriert die Fäkalindustrie die Materialien und ergänzt den ursprünglichen Gehalt an Nährstoffen meist durch Zusatz von Hilfsdüngern.[1]) Dadurch entsteht

Die Poudrette (Fäkal-Guano),

die sich auch in forstlichen Kreisen Eingang verschafft hat. Der Gehalt des Ausgangsmaterials an Pflanzennährstoffen richtet sich nach dem jeweiligen Grade seiner Zersetzung. Stark vergoren ist dasselbe ärmer am wertvollsten Bestandteil, dem Stickstoff. Durchschnittsgehalte des Handelsproduktes sind: 7 bis 9 % Stickstoff, 2,5 bis 3,5 % Phosphorsäure und die gleiche Menge Kali; die Anteile der organischen Massen betragen 60 bis 65 %. Die Wirkung, selbst die des Stickstoffs, der hier zum Teil in organischer Bindung vorliegt, erstreckt sich auf mehrere Jahre. Von wesentlicher Bedeutung ist dabei nach Vogel[2]) der 6 bis 9 % betragende Fettgehalt der Poudrette, der in der Analyse als organische Masse erscheint.

Nach den vorliegenden Berichten über angestellte Versuche, die allerdings nur in wenigen Fällen in ihren Resultaten vergleichsweise geprüft wurden, eignet sich Poudrette sowohl für den Pflanzgartenbetrieb, wie für das freie Land. Ausführlicher über seine Versuche mit diesem Dungstoffe hat Oberförster Wendt, Friedewald in Hessen, in einem Vortrage der Versammlung des Hessischen Forst-Vereins zu Hanau 1902 berichtet; für private weitere Mitteilungen bin ich genanntem Herrn zu Dank verbunden. Wendt verwandte für Nadelholzkämpe 5 bis 7 kg Poudrette auf den Ar, gestreut auf den noch nicht klar gerechten Boden; Klarrechen bei nachfolgender Bestellung genügte zum Unterbringen. Die Wirkung, gleich vorzüglich bei Saaten wie bei eben verschulten Pflanzen, war einer Rasen- oder Holzaschedüngung überlegen. Bei kümmernden Saaten half eine Düngung mit 2,5 kg Poudrette auf den Ar, im Juli neben die Rillen gestreut,

[1]) Man wird etwa verwenden auf 100 kg rohe Grubenfäkalien 35 kg schwefelsaures Ammon, 17 kg Thomasmehl und 20 kg Kainit die ca. 9 M. zusammen kosten würden. Kompostiert man diese Stoffe (s. S. 30) mit etwa 90 kg Moor, Rohhumus oder sonstigen organischen Abfällen, so wird man zwar nicht Poudrette erhalten, aber ein ähnlich wirkendes Düngemittel, wahrscheinlich wesentlich billiger.

[2]) Vogel, Landwirtsch. Presse, 16. Sept. 1896.

während sich für zurückbleibende Saatschulpflanzen eine Zufuhr von 2,5 bis 10 kg auf den Ar, in zwei Gaben (Ende April und Anfang Juli mit dem Rechen etwas eingehackt), als vorteilhaft erwies. Freikulturen auf mittleren Böden suchte W. mit Erfolg durch Beigabe von 150 kg Poudrette auf den Hektar, auf die einzelnen Pflanzstellen verteilt, zu rascherem Schluß zu bringen und gegen die Heide zu kräftigen. Die Düngung wird erst nach dem Anwachsen (Fi.) bzw. dann einzulegen empfohlen, wenn die Pflanzen die vorrätigen Nährstoffe aufgebraucht haben und die Entwickelung nachläßt. Sechs- bis siebenjährige, mit der Heide kämpfende Fichten, denen 20 bis 30 g Poudrette für die Pflanzplatte mit dem Pflanzhäckchen, nach vorheriger Entfernung der Heide, flach untergerecht worden waren, zeigten nach drei Monaten günstige Entwickelung, die noch im folgenden Frühjahre bemerkbar war.

Buchenstreifensaaten und Pflanzungen auf verharschtem Boden, welche vor acht Jahren in $^1/_2$ ha großen Eichenlöchern zweimal vergeblich ausgeführt worden waren, wurden mit unerwartet günstigem Erfolg vor dem Auflaufen der Bucheln in den letzten Tagen des April mit 2 Ztr. Poudrette (auf den Hektar) gedüngt. Durch dunkle Färbung fielen die Pflänzchen schon im Juni auf und erreichten im folgenden Jahre bis zu 38 cm Höhe. Ungedüngte Streifen zeigten kein befriedigendes Aussehen, sie erhielten im zweiten Jahre 2 Ztr. und im folgenden nochmals 1 Ztr. Poudrette „und wurden so zum größten Teil gehalten“. Wendt bemerkt dazu, daß die Streifen zu fest waren, um den Dünger genügend einzuhacken, was durchaus nötig ist, „sonst hätten wohl 2 Ztr. durchweg genügt“.[1])

Einen „raschen und befriedigenden“ Erfolg erzielte man andererseits bei zwei- bis dreijährigen Fichten, ein- bis fünfjährigen Föhren und verbissenen Eichen im Kamp durch Begießen mit einem wässerigen Poudrettenextrakte, 1 : 18.

---

[1]) Kosten nach Wendt: 1 Ztr. Poudrette franko Wald bei Bezug von mehr als 15 Ztr. inkl. Ausstreuen = rund 8,00 M. (Würde sich heute wegen höheren Preises des Materials um 1 M. steigern.) „Das spricht doch, wenn man überall so kostspielige Buchenkulturen von 60 bis 70 M. auf den Hektar auszuführen — mit anderen Worten: der Eichenlöcher wegen die Buchen zum Wachsen zu zwingen — für richtig hält, bei der Wahrscheinlichkeit eines guten Erfolges nicht im geringsten mehr mit.“

Eine Reihe anderer günstiger wie ungünstiger Berichte lassen Wirkung und Ursache nicht recht überblicken. Wie sich jedes Düngemittel nur auf physikalisch und klimatisch normalem Boden voll entwickeln kann, wirkt auch Poudrette nicht oder nur verkürzt auf nassen, sauren, verhärteten, verhagerten, überhaupt „kranken" Böden. Ein Vermengen der Pflanzerde mit dem Düngemittel (20 bis 25 g) wird nicht empfohlen (Absterben); Obenaufstreuen und Einkratzen bei nasser Witterung gab die beste Wirkung. Diese zögert acht bis zehn Wochen, weshalb man möglichst frühzeitig düngen soll, um verspätetes Ausreifen des Holzes zu vermeiden. Mehr als 20 bis 30 g für die Pflanzplatte verwende man nicht auf einmal, größere Mengen teile man, wobei der Nachwirkung wegen zu erwägen wäre, ob man die letztere nicht erst abwartet, oder ob die gleiche Wirkung nicht durch Zufuhr billigerer Dungstoffe (Kalk,[1]) Mergel, Kompost (?) usw.) zu erzielen ist. Wendt schätzt besonders die anregende, aufschließende, kurz, Bewegung hervorrufende Wirkung der Poudrette und meint wohl nicht mit Unrecht, „daß unsere Böden gar nicht so arm an Nährstoffen sind, daß lediglich die infolge überreichlichen Licht- und Luftzutritts, sowie einer Änderung der Wasserverhältnisse im Boden erzeugte Untätigkeit die Ursache des ursprünglich kümmernden Wuchses ist, daß es also nur darauf ankommt, durch ein stark anregendes Mittel den Boden wieder zur Tätigkeit zu bringen".

Auf eine günstige Nebenwirkung, die besonders den Hilfsdüngern abgeht, sei weiter aufmerksam gemacht: den Schutz gegen Rehverbiß. Wendt meint, Poudrette wirke hier ähnlich dem Ermich'schen Raupenleim und schütze bei trockenem Wetter vier bis sechs Wochen. Düngung und sicheren Schutz sollen ein Zentner vor dem Auflaufen (der Bucheln), ein gleiches Quantum 14 Tage bis drei Wochen später gestreut, gewähren[2]).

---

[1]) Kalk und kalkhaltige Düngemittel sind nie gleichzeitig einzubringen, weil dabei Verluste an Stickstoff entstehen können. Am besten gibt man Kalk im Herbst vorher, Poudrette im Frühjahr.

[2]) Ob es sich jetzt schon empfiehlt, Poudrette in den Kreis exakter Düngungsversuche aufzunehmen, scheint mir etwas zweifelhaft. Zunächst wird man wohl in diesen Arbeiten Stoffe erproben, die Gewähr bieten, daß sie auf längere Zeit hinaus verfügbar sind, möglichst konstant im Preis und in der Zusammensetzung bleiben und klare Beurteilung der Resultate gestatten.

Den natürlichen Düngern stehen als Dungstoffe die tierischen Abfälle nahe, wie Guano, Knochen-, Blut-, Horn-, Ledermehl usw. Man zählt sie meist schon zu den sogenannten künstlichen Düngern, obwohl sie eigentlich eine Mittelstellung einnehmen. Sie enthalten einen, meist aber mehrere Nährstoffe in verschiedenen Verhältnissen und kommen teils roh, teils präpariert in den Handel.

Der Peruguano

entstammt Ablagerungen von Vogelexkrementen, vermischt mit Tierkadavern. Hauptfundort ist die peruanische Küste. Nach Abbau der alten, reicheren Lagerstätten (14 % N, 12 % P_2O_5) nutzte man geringhaltigere Ablagerungen und brachte sie ohne Gehaltgarantie und oft stark verunreinigt auf den Markt, wodurch der Rohguano an Ruf verlor. Jetzt wird jedoch wieder eine Ware als roher, gemahlener Peruguano I (Handelsmarke RPG) mit garantiertem Gehalt von 7 % N und 14 % Gesamtphosphorsäure angeboten, die auch äußerlich allen Anforderungen entspricht. Einen Gehalt von 2 bis 3 % Kali schließt die Garantie nicht mit ein. Nach Mayer[1]) besteht beinahe die Hälfte des Rohguanos aus in Wasser leichtlöslichen Stoffen, und unter diesen wiegt harnsaures und oxalsaures Ammoniak vor. Die Phosphorsäure ist, wenn auch nur zum kleinen Teile, in direkt löslicher, „doch in für die Pflanzenwurzel ziemlich verfügbarer Form anwesend". Infolgedessen ist der Rohguano ein rasch[2]) wirkendes Düngemittel. Im Verhältnis zu seinem Gehalt an organischen Stoffen enthält er gerade jene Stoffe, Stickstoff und Phosphorsäure, in

---

[1]) Mayer, Düngerlehre, 5. Aufl., 1902, S. 125.

[2]) Mayer, Düngerlehre, 5. Aufl., 1902, S. 102, stellt für die hauptsächlichsten stickstoffhaltigen Düngemittel, geordnet nach ihrer ungefähren Zugängigkeit für die Pflanzen, folgende Reihe auf:

1. Salpeter,
2. Ammoniak,
3. Amidostoffe,
4. Blut,
5. ged. Knochenmehl,
6. Wolle und Haare, durch Erhitzen vorbereitet,
7. Wolle und Haare, roh,
8. Leder.

} Mayer bezieht sich dabei auf Petermann, Bull. d. l. station agron. de Gembloux, No. 36.

ziemlich konzentrierter Form, die bei einseitiger Stallmistwirtschaft häufig ins Minimum treten. Die physikalische Wirkung ist gering, die konzentrierte Form macht Vermengung mit Erde vor dem Ausstreuen nötig. Der leichten Löslichkeit wegen tritt die Wirkung rasch ein, ein tieferes Unterbringen wird diese sichern und Stickstoffverluste beschränken, die bei Kopfdüngeranwendung unvermeidlich sind. Landwirtschaftlich beurteilt, soll der Peruguano vor allen anderen käuflichen Dungstoffen noch am meisten unter den verschiedensten Bodenverhältnissen anwendbar sein; nur soll der Boden nicht zu sauer sein, der Untergrund nicht an stockender Nässe leiden. Auf lockerem, durchlässigem Lehm am günstigsten, soll er, vorsichtig angewandt, auch auf leichtem Sand fördernd wirken. Forstlich scheint dieses Düngemittel nur noch wenig Anwendung zu finden. Danckelmann[1]) bezeichnet es (1870) als kostspielig, teils günstig, teils ungünstig im Erfolg. (Vielleicht wegen falscher Anwendung? D. Verf.) Noerdlinger[2]) benutzte (1866) Peruguano (0,12 kg auf den Quadratmeter) mit „überraschendem" Erfolge im Pflanzgarten. Als Mischdünger (2 Teile Guano, 10 Teile Holzasche und 1 Teil Knochenmehl) erzielten Hess[3]) und Vonhausen[4]) „vorzügliche" Wirkung bei Eichen im Pflanzgarten.

„Seebeschädigte" und verunreinigte Guanos gaben Veranlassung, das Rohprodukt mit Schwefelsäure zu behandeln, wodurch man die Phosphorsäure in leichtlöslicher Form erhält und Stickstoffverlusten vorbeugt. Dieses Produkt kommt als aufgeschlossener Guano unter Garantie eines Stickstoffgehaltes von 5 bis 7 % und eines Gehaltes an wasserlöslicher Phosphorsäure von 10 bis 11 % in den Handel. Mayer[5]) empfiehlt bei Wahl zwischen rohem und aufgeschlossenem Guano guten Gehaltes ersteren für leichtere, letzteren für schwerere Böden, „in denen wegen der starken Absorption die gehörige Verbreitung der Phosphorsäure Schwierig-

---

1) Danckelmann, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1870, S. 324.

2) Noerdlinger, Krit. Blätter, Bd. 51, Heft 2, S. 201. Damit wird auch die Angabe von Henze, Thar. forstl. Jahrb. 1904, S. 151, widerlegt, nach der Giersberg die Reihe der Versuche mit Peruguano 1869 „eröffnete".

3) Hess, Centr.-Bl. f. d. ges. Forstwesen 1878, S. 174 ff.

4) Vonhausen, Allg. Forst- u. Jagd-Zeitung 1872, S. 228.

(zu 3 und 4: Die Mischung wäre nur unmittelbar vor der Verwendung herzustellen.)

5) Mayer, Die Düngerlehre, 5. Aufl., Heidelberg 1902, S. 127.

keiten unterliegt". Wegen dieser leichten Löslichkeit verwendet man den aufgeschlossenen Guano kurze Zeit vorher, ehe seine Wirkung erwünscht ist. Im Preise erzielt er gegen gleichhaltige Ammoniak-Superphosphate (s. S. 52) einen etwas höheren Satz, weil seine Bestandteile, auch 2 % Kali gehören dazu, in einem innigeren Gemenge vorliegen, als es durch mechanische Arbeit erreichbar ist. Dieser Vorteil mindert sich natürlich, wenn dem Guano zur Erhöhung des Stickstoffgehaltes schwefelsaures Ammoniak mechanisch beigemischt wird.

Als norwegischer Fischguano (8 % Stickstoff, 12 bis 14 % Phosphorsäure) kommen die pulverisierten Abfälle des Stockfisches in den Handel, als Walfischguano die des Walfisches und der Robbe. Auch die deutsche Seefischerei fabriziert aus Abfällen konzentrierte Düngemittel. Man kauft, wie alle Handelsdünger, auch hier am besten unter Gehaltsgarantie. Nach Müller[1]) verwendet man im allgemeinen jene Sorten landwirtschaftlich im Herbst auf leichteren Böden, wo Superphosphate und Ammoniaksalze nicht am Platze sind, wo aber eine raschere Wirkung erwünscht ist, als sie gedämpftes Knochenmehl (s. S. 52) erwarten läßt. Selbst bei größter Feinpulverigkeit achte man auf tiefes (möglichst sofortiges) Unterbringen, der Krähe wegen, die Fleischdüngemittel gern aufnimmt.

Mit Thomasmehl und Kainit zusammen wurde Walfischguano von von Schroeder[2]) und Schmitz-Dumont[2]) bei Saatfichten und -kiefern angewandt.

Ähnlich dem Fischguano in der Wirkung und ebenso wie dieser verschieden in der Zusammensetzung, kommen Fleischmehle als Reste der Fleischextraktfabrikation roh und gemahlen in den Handel; sie enthalten 6 bis 7 % Stickstoff und 10 bis 15 % Phosphorsäure. Der natürliche Gehalt wird häufig durch Zusatz von schwefelsaurem Ammoniak an Stickstoff und durch Knochenmehl an Phosphorsäure erhöht, ihre Löslichkeit durch Aufschließung mit Schwefelsäure befördert.

Auch Hornmehl und Blutmehl gehören hierher; sie enthalten ca. 10 bis 12 % Stickstoff, der Gehalt an Phosphorsäure beträgt bei reinem Blutmehl ca. 1 bis 2 %, bei Hornmehl dagegen

[1]) Müller, Wolffs Düngerlehre, 14. Aufl., 1904, S. 127.

[2]) Vergl. von Schroeder, Tharandter forstl. Jahrb. 1893, S. 129. Schmitz-Dumont, ebenda 1894, S. 265.

5 bis 6 %. In beiden Düngemitteln ist der Stickstoff leicht beweglich, sie äußern beide rasche Wirkung.

Geringer und langsamer kommt diese bei Ledermehl und Wollstaub zum Ausdruck, obwohl der Stickstoffgehalt bis 10 % betragen kann; durch Aufschließen mit Schwefelsäure erhöht man auch hier die Dungwirkung.[1])

Von größerer Bedeutung als die eben behandelten Stoffe sind für den Düngermarkt die Knochenmehle. Die Knochen enthalten als unverbrennliche Substanz die Knochenasche; organische Bestandteile sind Fett und das Osseïn, ein stickstoffhaltiges, leimgebendes Gewebe. Die schwere Umsetzung der Knochen[2]) im Boden sucht man durch feine Mahlung zu heben, noch mehr erreicht man durch Entzug der Fett- und Leimsubstanz vermittelst verschiedener technischer Verfahren, wobei allerdings an ursprünglichem Stickstoffgehalt verloren geht. So entstehen folgende Handelsprodukte:

	Stickstoff	Phosphorsäure
Rohes Knochenmehl . .	4 bis 5 %	20 bis 22 %
Gedämpftes Knochenmehl	2½ bis 3½ %	20 bis 24 %
Entleimtes Knochenmehl .	1 bis 2 %	28 bis 30 %

Durch Einwirkung von Schwefelsäure erhält man aus der Knochensubstanz, die als mineralischen Anteil schwerlöslichen, dreibasisch-phosphorsauren Kalk darstellt, Gips und wasserlöslichen, einbasisch-phosphorsauren Kalk oder ein Superphosphat, in unserm Falle das vielgebräuchliche Knochenmehlsuperphosphat. Durch Mischung desselben mit schwefelsaurem Kali oder schwefelsaurem Ammoniak stellt man das Kali- oder Ammoniaksuperphosphat dar,[3]) in dem Kali, Stickstoff und Phosphorsäure in willkürlich wechselndem Gehalte zu haben ist.

---

[1]) Es ist nicht unmöglich, daß auch freie Humussäuren aufschließende Wirkung schon auf diese Rohmaterialien äußern.

[2]) Heiden, Düngerlehre 1887, Bd. 2, S. 516, fand 1871 Pferdeknochen in wenig zersetztem Zustande, die nach ihm von Kadavern stammen, welche im Jahre 1758 nach der Schlacht von Hochkirch eingegraben wurden. Sachsse, Agrikulturchemie 1888, S. 543, berichtet, daß fossile Knochen der Diluvialperiode noch Leimsubstanz von gleicher Zusammensetzung wie frische Knochen gaben.

[3]) Bei dem so dargestellten Ammoniaksuperphosphat ist es Brauch, den garantierten Gehalt an Stickstoff und löslicher Phosphorsäure durch Zahlen auszudrücken, von denen sich die erste auf den Stickstoffgehalt bezieht. (Ammoniaksuperphosphat 9/9 oder 9 : 9 enthält 9 % Stickstoff und 9 % lösliche Phosphorsäure.)

Als Guanosuperphosphate findet man im Handel eine Reihe „hochgrädiger“ Phosphorsäuredünger, die auch einen Guano als Ausgangsmaterial haben, der aber nicht in regenloser Zone abgelagert wurde. Infolgedessen verlor er den Stickstoffanteil bis auf Bruchteile, und die Phosphorsäure konnte sich nur halten, wo sie Material vorfand, um eine wasserunlösliche Verbindung (im vorliegenden Falle phosphorsauren Kalk) einzugehen. Das so entstandene schwerlösliche Rohmaterial (Guanophosphat) fand bisher nur ausnahmsweise direkte Anwendung, meist wurde die darin enthaltene schwerlösliche Phosphorsäure (bis 40 %) erst durch Schwefelsäure aufgeschlossen, d. h. in eine wasserlösliche Verbindung, ein Superphosphat, übergeführt. Die hochgrädigen, bis 20 % Phosphorsäure enthaltenden Superphosphate werden fast alle aus solchen Guanosorten dargestellt. 40 bis 45 % Phosphorsäure enthaltende Superphosphate stellt man dar, indem man leicht aufschließbare Phosphorite statt mit Schwefelsäure, mit wässriger Phosphorsäure aufschließt. Diese sogenannten Doppelsuperphosphate enthalten nur Monocalciumphosphat ohne Gipsbeimengung. Bei Darstellung der nötigen Phosphorsäure entsteht als Nebenprodukt der Superphosphatgips mit einem Gehalt an einigen Prozenten Phosphorsäure. Die früher viel verwandten mineralisierten Exkremente und Knochen (Koprolithen, Osteolithen) vorweltlicher Tiere geben nur eine niedergrädige Ware. Wegen ihres Gehaltes an Eisen und Ton zeigen sie aufgeschlossen beim Lagern häufig die Eigenschaft, daß sie in der Wasserlöslichkeit zurückgehen durch Bildung wasserunlöslicher Ton- und Eisenphosphate. Doch erweisen sich diese Produkte sekundärer Umsetzung für die Pflanze nicht so schwer zugänglich, wie etwa das nicht aufgeschlossene Rohprodukt. Auf Sand- und Moorböden wurden bei genügender Verteilung „in der Regel keine bedeutenden Unterschiede zu Ungunsten von zurückgegangener Phosphorsäure bemerkt“,[1]) nur schwere, stark absorbierende Böden machen eine Ausnahme. Andererseits ist ein Zurückgehen der Phosphorsäure „eisenfreier“ Superphosphate in das unlösliche Bicalciumphosphat, infolge unvollständigen Aufschließens, ebenso beobachtet worden. Nach Untersuchungen Zielstorffs[2]) sollen „hochprozentige Super-

---

[1]) Mayer, Düngerlehre, 5. Aufl. 1902, S. 131.
[2]) Zielstorff, Die künstl. Düngemittel 1904, S. 30.

phosphate selbst bei längerem Lagern keinerlei Veränderung erfahren, während in den niederprozentigen der Gehalt an wasserlöslicher Phosphorsäure sich öfters nicht unwesentlich verringerte".

Teils minerogenen, teils zoogenen Ursprungs sind auch die verschiedenen Phosphorite und Apatite, wie sie in Norwegen, Spanien, Frankreich, Deutschland, Belgien, Amerika, Algier, Tunis gefunden und meist zu Superphosphat verarbeitet werden, wobei sich der mehr oder weniger hohe Gehalt an Fluor wohl durch Rauchschäden bemerkbar machen kann. Nach Ost[1]) werden heute in Deutschland allgemein Floridaphosphate als Ausgangsmaterial verwandt.

Als Präzipitat kommt ein Di- bzw. Tricalciumphosphat in den Handel, welches durch Aufschluß natürlicher und künstlicher Phosphate (Leimfabrikation) erhalten wird und verschieden in Gestalt und Wirkung ist.

Für den Düngemittelmarkt von wesentlicher Bedeutung ist in den letzten 20 Jahren

das Thomasmehl,

ein Abfallprodukt bei der Entphosphorung des Eisens, geworden. Diese basische Schlacke zeigt verschiedene Zusammensetzung. Nach Mayer[2]) kann man im allgemeinen folgende Grenzziffern annehmen: Phosphorsäure 11 bis 23 %, Kieselsäure 3 bis 13 %, Kalk 38 bis 59 %, Eisenoxydul oder -oxyd 6 bis 25 %,[3]) Manganoxydul 1 bis 6 %, Tonerde 0,2 bis 3,7 %, Magnesia 2 bis 8 %, Schwefel 0,2 bis 1,4 %.[3]) Da für eine Dungwirkung auch hier eine möglichst feine Verteilung ausschlaggebend ist, verlangt man im Handel eine feine Pulverung; mindestens 75 % muß der Gehalt an Staubmehl betragen, das durch 0,1-mm-Sieblöcher hindurchgeht. Wie das vorgenannte Präzipitat, ist auch das Thomasmehl unlöslich im Wasser. Als Maßstab für die Bewertung dient außer einem vorgeschriebenen Mindestgehalt an Feinmehl neuerdings der Phosphorsäuregehalt, der durch eine zweiprozentige Zitronensäurelösung dem Düngemittel unter gewissen Bedingungen

---

[1]) Ost, Chem. Technologie, 5. Aufl., Hannover 1902, S. 160.

[2]) Mayer, Düngerlehre, 5. Aufl., Heidelberg 1902, S. 133.

[3]) Es mag hier wenigstens darauf hingewiesen sein, daß der Eisen- und Schwefelgehalt des Thomasmehls besonders auf sauren Böden durch Bildung schädlicher Eisenoxydul- und Schwefelverbindungen nachteilig wirken kann.

entzogen wird. Derartige Methoden können nach den dargelegten Wachstumsgesetzen (s. S. 3 u. 12) natürlich nur von bedingtem Werte sein, denn es gibt eben kein Mittel, welches gleiches leistet, wie die lösende Kraft der Pflanzenwurzel auf die Bodenteile; man muß sich auch hier an Stelle des absolut Besten mit relativ Gutem begnügen.

Von Wichtigkeit ist natürlich für den Praktiker die Antwort auf die Frage: Welches Phosphorsäuredüngemittel ist zu wählen? Absolut Zuverlässiges über die zu wählende Form kann die Theorie nicht geben;[1]) daß bei der Wahl auch wirtschaftliche Momente (Preise nach Produktions-, Verwendungsort und Konjunkturen) von Einfluß sind, erschwert die Antwort. Abgesehen davon, zeigt landwirtschaftliche Erfahrung, daß Düngemittel mit wasserlöslicher Phosphorsäure (Superphosphate) sowohl rascheste wie höchste Ausnutzung gewähren, und daß sie sich besonders für schwere Böden eignen, die eine intensive Wirtschaft gestatten. Die rasche Löslichkeit macht, wie erwähnt, eine Verwendung kurze Zeit vor der erwünschten Wirkung nötig.

Langsame und weniger ausgiebige Nutzung gestatten jene Stoffe, die, wie unaufgeschlossene Phosphate, die Phosphorsäure in Form des Tricalciumphosphats, besonders minerogenen Ursprungs, enthalten (Roh-Knochenmehl, -Phosphorit, -Apatit).

Die Dicalciumphosphate (Präzipitat, zurückgegangene Phosphorsäure) nehmen eine Mittelstellung ein, Thomasmehl und gedämpftes Knochenmehl reihen sich ihnen an. Diese Sorten setzen sich langsamer um, zeigen aber im allgemeinen längere Dungwirkung als die wasserlösliche Phosphorsäure. Sie eignen sich deshalb besonders für leichtere Böden und perennierende Gewächse. Während auf sauren Böden Superphosphat nur geringe Wirkung zeigt, tritt diese bei Verwendung dieser wasserunlöslichen Phosphate und selbst der Rohphosphate deutlich hervor.[2]) Diese

[1]) Gerade über die Wertbestimmung der einzelnen Phosphorsäuredüngemittel gehen die Meinungen ziemlich auseinander. Der Streit ist um so verwirrender, als gewisse Düngemittelfabrikanten daraus Kapital schlagen und mit mehr oder weniger wissenschaftelndem Aufputz für ihre Waren Stimmung zu machen suchen.

[2]) Siehe Fleischer, Landw. Jahrbuch 1883, u. d. Berichte der Moor-Vers. Stat. Bremen. Tacke, Zeitschr. f. angewandte Chemie 1905, S. 1206, hält besonders französische und Algierphosphate auf Hochmoorboden für ebenso geeignet, als die viel teurere Thomasschlacke.

Eigenschaft, zusammen mit größerer Wohlfeilheit, scheint jene Dungstoffe, wenn sie feingemahlen sind, zu einer breiteren Anwendung bei Walddüngungen zu befähigen, wo saure Böden häufiger Dungobjekte bilden. Neutralisiert man jedoch die Humussäuren, etwa durch Kalkung, so verliert die Dungwirkung, und zwar um so mehr, je vollständiger die Neutralisation ist.[1]) Findet eine Phosphorsäuredüngung im Frühjahre statt, so mindert eine gleichzeitige Kalkdüngung in Form von Ätzkalk die Dungwirkung der Phosphorsäure in der kommenden Vegetationsperiode mehr, als wenn die Zufuhr in Form von kohlensaurem Kalk geschieht. Weniger groß ist der Ausfall, wenn man die Kalkzufuhr im Herbst zuvor verabfolgt, auch hier wieder größer bei Anwendung von Ätzkalk als von kohlensaurem Kalk.[2]) Die

---

Algier-Rohphosphate kosten nach Siemssen (Jahrb. d. Deutsch. Landwirtsch.-Ges. 1903, S. 57), feingemahlen mit einem Gehalt von 27 bis 28 % Phosphorsäure, 2,40 M. für 100 kg frei Station, d. h. etwa 15 Pf. das Kilo-Prozent ab Stettin. In Thomasmehl stellt sich dagegen das Kilo-Prozent Phosphorsäure auf etwa 23 Pf., in Superphosphaten, die aber auf sauren Böden überhaupt nicht zweckmäßig sind, auf mindestens 35 Pf. Der hohe Gehalt vermindert die Frachtkosten; auf sauren Waldböden wären gegebenenfalls Versuche mit Rohphosphaten sehr zu empfehlen. Tacke (Jahrb. d. Deutsch. Landw.-Ges. 1903, S. 196) verlangt, daß Rohphosphate feingemahlen und in erdiger Beschaffenheit (kristallinisch weniger günstig) zur Anwendung gelangen.

[1]) Setzten Kellner und Böttcher (Chem. Zeitung 1902, 1. Sem., S. 8 bis 9) die Wirkung der wasserlöslichen Phosphorsäure bei fehlender Kalkzugabe = 100, so erhielten sie folgende Verhältniszahlen bei landwirtschaftlichen Nutzpflanzen:

	ohne Kalk	mit Kalk	
Superphosphat	100	89	Nach einer privaten Mitteilung des Herrn Geh. Hofrates Kellner setzt der Kalkgehalt des Thomasmehls die schädliche Wirkung einer Kalkdüngung nur wenig herab.
Chinchas Guano	46	26	
Lobos „	35	18	
Algierphosphat A.	39	14	
„ B.	35	10	
Rohes indisches Knochenmehl	55	33	

Siehe auch: Tacke und Minssen, Landw. Jahrb. 1898, Ergänzungsband 4, S. 392.

[2]) Nach Untersuchungen von Schulze, Fühlings Landw. Zeitung 1904, S. 264.

Nach Atterberg, Journ. f. Landw. 1901, S. 170, befindet sich in kalkreichen Böden die Phosphorsäure stets in einer für die Pflanzen leicht aufnehmbaren Form(!).

nachteiligen Wirkungen der Kalkzufuhr werden sich erst dann ausgleichen, wenn eine Ergänzung der Bodensäure stattgefunden hat.

Selbst die Wirkung der wasserlöslichen Phosphorsäure wird, wenn auch in geringerem Grade, durch eine entsprechende Kalkzufuhr beeinträchtigt; normale Böden machen dabei keine Ausnahme. Daraus folgt natürlich für die Praxis, daß Kalk und Phosphorsäure nicht gleichzeitig zu verwenden sind, und die Kalkdüngung der Phosphorsäuredüngung im allgemeinen vorauszugehen hat.

Aber nicht der Boden allein beeinflußt die Aufnahmefähigkeit der Phosphorsäure in den verschiedenen Düngemitteln, die Pflanzenwurzel selbst scheint gerade für diesen Stoff ein recht verschieden bemessenes Aneignungsvermögen zu besitzen. Zur Illustration mögen folgende Angaben von Prianischnikow[1]) dienen, nach dessen Versuchen (die noch verbesserungsbedürftig sind) sich der Ausnutzungskoëffizient stellte:

bei	Phosphorit	Knochenmehl	Thomasmehl	Superphosphat und Dicalcium-Superphosphat
	%	%	%	%
für Zerealien	0—10	40	60—70	100
„ Buchweizen Lupinen u. a.	60	90	100	100

Wie sich Waldpflanzen stellen, scheint noch nicht experimentell geprüft zu sein.

Im forstlichen Betriebe sind Phosphorsäuredüngemittel mit wechselndem Erfolg angewendet worden. Im Hin und Wider ist mangels Unterlagen keine Entscheidung möglich. Gegebenenfalls werden die gemachten Angaben wenigstens Fingerzeige bieten.

Die Handelsusancen für Phosphorsäuredüngemittel sind zwar ziemlich feststehende, da ihr Verkauf zentralisiert ist; sie sind aber zu mannigfaltig, um hier im einzelnen dargelegt zu werden.[2]) Man kauft auch hier nur nach garantiertem Gehalt. Die Bestimmung des letzteren geschieht zurzeit hauptsächlich in zwei Formen: nach Gehalt an wasserlöslicher und nach Gehalt an

[1]) Prianischnikow, Landw. Vers.-Stat. 1902, 56. Bd., S. 126, s. a. Schreiber, Bied. Centr.-Bl. für Agrikulturchemie, 29. Bd., S. 162. Ref. im Chem. Centr.-Bl. 1900, 1. Bd., S. 1234.

[2]) Es kann nur empfohlen werden, sich vorher ausführliche Offerte zugehen zu lassen, noch einfacher ist es, seine Bezüge durch einen landwirtschaftlichen Verein oder eine ähnliche Vereinigung zu bewirken; der Schwindel ist hier sehr groß und ziemlich raffiniert.

zitronensäurelöslicher Phosphorsäure (die Gesamtphosphorsäure kommt weniger in Frage). So bezahlt man zurzeit beispielsweise für 100 kg Superphosphat mit 18 % wasserlöslicher Phosphorsäure ab Bingen 6,30 M., mithin kostet in diesem Düngemittel das Kilo Phosphorsäure 35 Pf. Dies ist überhaupt der derzeitige Grundpreis für ein Kilo (Kilo-Prozent) wasserlöslicher Phosphorsäure in hochgrädigen (17 bis 20 %) Handelsprodukten, er kehrt in den Offerten der Düngemittelhändler wieder; für 17prozentige Ware würde man also 17×35 Pf. = 5,95 M., für 20prozentige 20×35 Pf. = 7,00 M. usw. auf 100 kg. zu zahlen haben.

Niedergrädigere Produkte stellen sich im Preise für das Kilo wasserlösliche Phosphorsäure unverhältnismäßig höher. Nach einer mir vorliegenden Offerte berechnet sich davon beispielsweise das Kilo in:

	Handelsmarke	wasserl. P_2O_5, gar. Gehalt	auf ca. Pf.
Superphosphat Nr. 10	Sp. Nr. 10	6 %	61
„ „ 12	„ „ 12	8 %	50
„ „ 14	„ „ 14	10 %	44
„ „ 16	„ „ 16	12 %	40

Es ist deshalb zu empfehlen, nur hochgrädige Sorten zu kaufen, der Mehrgehalt an Nebenbestandteilen (Gips, Sand, Kreide usw.) wiegt die Differenz nicht entfernt auf, steigert aber die Kosten der Düngung unter Umständen durch Erhöhung der Transportkosten, Spesen usw.

Für zitronensäurelösliche Phosphorsäure, die zurzeit hauptsächlich bei Thomasmehl zur Wertbestimmung dient, beträgt der Einheitspreis für das erste Halbjahr 1905 nach mir vorliegender Offerte 21½ Pf. ab Diedenhofen für das Kilo bei einem Gehalt zwischen 14 und 20 %.[1]) Es kosten also 100 kg Thomasmehl:

bei 14prozentiger Ware (14×21½ Pf.) = 3,01 M.
„ 15 „ „ (15×21½ „ = 3,23 „
„ 16 „ „ (16×21½ „ = 3,44 „ usw.

Auch hier sind niedergrädigere Produkte im Handel, es gilt davon das gleiche, was vorher unter wasserlöslicher Phosphorsäure dargelegt wurde.

---

[1]) Die Gesamtphosphorsäure wird durchschnittlich etwa 3 Pf. für das Kilo niedriger bewertet als die zitronensäurelösliche. Bei den meisten Thomasmehlen solider Quellen beträgt der Gehalt an Gesamtphosphorsäure nur etwa 1 % mehr als der nach Zitronensäurelöslichkeit.

Die Kalidüngemittel.

Als spezifische Kalidüngemittel kommen im Handel (abgesehen von Holzasche, s. S. 38) hauptsächlich die Staßfurter Abraumsalze in Betracht, die aber auch anderwärts gefunden werden und rein mineralischen Ursprungs sind. Sie werden teils als natürliche Bergprodukte, teils als Fabrikate auf den Markt gebracht. Spezielles über die Zusammensetzung dieser Handelsprodukte siehe auch Tabelle IV am Schlusse des Buches:

100 kg Kali-Düngesalz

als	enthalten reines Kali kg		enthalten kg			kosten Pfennige[1])		Anmerkung
	durchschnittlich	garantiert	Magnesia MgO	Natron Na_2O	Chlor Cl	100 kg Salz	= 1 kg Kali K_2O	
Rohe Salze								Abzügl. 5 % Notstandvergüt. kg
Kainit	12,8	12,4	10,1	18,3	31,2	150	12,10	11,49 Pf.
Carnallit	9,8	9,0	13,1	11,9	37,0	90	10,00	9,50 Pf.
Sylvinit	17,4	12,4	1,9	30,1	48,2	150	12,10	11,49 Pf.
Bergkieserit	7,5	—	14,4	14,2	34,7	90	—	—
Fabrikate								
Schwefelsaures Kali 96 %	52,7	51,8	—	—	—	1685	32,53	Preis für 100 kg, einschließlich Sack, frei ab Staßfurt
Schwefelsaures Kali 90 %	49,9	48,6	—	—	—	1645	33,85	
Schwefelsaure Kali-Magnesia	27,2	25,9	11,4	—	—	800	30,89	
Chlorkalium 90—95 %	57,9	56,8	—	—	48,2	—	—	do. Bei mehr als 50 dz Preisermäßigung. Am Lager ist Ware von 80—98 %
Chlorkalium 80—85 %	52,7	50,5	—	—	48,8	1485	29,41	
Kalidüngesalz, mindestens 20 % Kali	21,0	20,0	5,8	21,3	43,4	310	15,50	frei ab Werk
mindestens 30 % Kali	30,6	30,0	5,2	13,9	42,2	475	15,83	
mindestens 40 % Kali	40,4	40,0	2,3	10,7	43,6	640	16,00	
Martellin (kieselsaures Kali)	25	—	—	—	—	2500	—	spezifischer Tabakdünger

[1]) Die eingesetzten Preise sind auf Grund der derzeitigen Preisliste des „Verkaufssyndikats der Kaliwerke zu Leopoldshall-Staßfurt“

Der Einheitspreis für das Kilo des spezifischen Nährstoffs schwankt auch hier, mitbestimmend dabei ist der Gehalt an Nebensalzen, der die Dungwirkung nachteilig beeinflussen kann. Störend werden hier wesentlich die Chlorsalze empfunden, die in reichlicher Menge in den Rohsalzen enthalten sind. So kommen auf 100 kg Kali (K_2O) nach obiger Berechnung freies Chlor (Cl):

in Kainit	252	kg
in Carnallit	412	„
in Sylvinit	389	„
in Kieserit	462	„
in Chlorkali 90—95 %	84,8	„
Kalidüngesalz, mindestens Kali 20 %	217	„
Kalidüngesalz, mindestens Kali 30 %	141	„
Kalidüngesalz, mindestens Kali 40 %	109	„

Gerade der hohe Chlorgehalt der Rohsalze und dessen Wirkung gab Anstoß zur Fabrikation konzentrierterer Kalisalze. Mechanisch wirken die Chlorsalze, im Boden verkrustend, mehr auf lehmig-tonigen Bodenarten als auf sandigen, wo eine gewisse Zusammenlagerung der Bodenteilchen manchmal ganz erwünscht sein kann.[1])

berechnet und gelten ab Staßfurt, wo nicht anders angemerkt, für lose Ware (ohne Sack). Werden Säcke berechnet, so kosten solche für 100 kg 38 bis 40 Pf., bei eventueller Zumischung von 2½% Torfmull (zur Verhinderung des Zusammenbackens) findet ein Aufschlag von 10 Pf. auf 100 kg statt. Bei Bezug von Rohsalzen in Wagenladungen erfolgt die Anlieferung frei Eisenbahnwagen, bei Stückgut frei ab Werk. Bei Lieferung nach Stationen, die über 400 km entfernt sind, tritt für Rohsalze und 40% Kalidüngesalz eine Staffelpreisvergütung ein. Diese beträgt, wenn die Ware nach einer östlich (einschließlich Nordosten und Südosten) von Staßfurt gelegenen Station Preußens auf die 400 km übersteigende Entfernung 1 Pf. für je 20 km, wenn die Ware nach einer in nördlicher, westlicher oder südlicher Richtung von Staßfurt liegenden Station Deutschlands verladen wird, auf die 400 km übersteigende Entfernung ½ Pf. für je 20 km. Auf die Grundpreise selbst wird zurzeit für die Rohsalze eine Notstandpreisvergütung von 5% gewährt. Noch Eingehenderes über Bezugsbedingungen wolle man aus den Preislisten des Syndikats ersehen, dem zurzeit sämtliche förderungsfähige Kaliwerke Deutschlands angehören.

[1]) Eine Zusammenlagerung setzt auch die Wasserverdunstung des Bodens herab. Nach Märcker (Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges., Heft 17, S. 43) betrug diese, wenn ohne Kali, = 100, nach Düngung von 10 dz Kainit auf den Hektar = 77,1, nach 10 dz Carnallit = 68,9.

Chemisch wirken Kalisalze energisch umsetzend ein — sie „ziehen den Boden aus“, sagt der Gärtner — und können so Zustände schaffen, bei welchen die Nachteile die Vorteile aufheben. Das macht sich besonders dann geltend, wenn es dem Boden an verfügbaren Basen (Kalk) fehlt, die das nicht absorbierbare Chlor beizeiten absättigen und zum Verwaschen bringen können.[1]) Man verbindet deshalb häufig eine Kalkzufuhr[2]) mit einer Kalidüngung und besorgt dies für eine Frühjahrskultur bereits im vorhergehenden Herbst, damit auch die Pflanze selbst weniger mit den scharfen Kalisalzen in Berührung kommt.

Über die Wirkung der Chlorsalze im Pflanzenkörper selbst ist man noch nicht genügend unterrichtet. Während für manche Spezies beispielsweise Kochsalz-(NaCl)Düngung bis zu gewisser Höhe geradezu empfohlen wird,[3]) zeigen sich andere dagegen empfindlich. Ganz besonders gilt dies auch für Calcium- und Magnesiumchlorid, welch letzteres in den Rohsalzen (s. o. Tab.) in ziemlicher Menge vertreten ist. Macht eine Zufuhr an Chlorsalzen für einen kalkarmen Boden an sich wohl eine Ergänzung des Kalkvorrates nötig, so kann deren Höhe noch zu steigern sein wegen der zugeführten Magnesiasalze. Hauptsächlich Löw[4]) und seine Schüler haben nämlich aus einer großen Reihe von Untersuchungen geschlossen, daß zwischen dem Kalk- und Magnesiavorrat des Bodens ein gewisses Verhältnis zu erstreben ist, so daß der Magnesiagehalt den Kalkgehalt wenigstens nicht

---

[1]) Eine Auswaschung nach Kalidüngung ist auch für die Bodenphosphorsäure konstatiert, im speziellen Falle betrug diese (nach Märcker, Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges., Heft 17, S. 28) das Doppelte nach einer Kalidüngung als ohne eine solche.

[2]) W. Wolf (Landw. Vers.-Stat. 1865, S. 202) fand bei Versuchen in Wasserkultur ferner, daß Bohnen Kali- und Ammonsalze in größerer Menge bei Kalkgegenwart aufnehmen, Kalk also einen diosmotischen Druck auf die Aufnahme des Kalis und Ammons ausübte.

[3]) Wohltmann (Sonderabdr. a. d. Landw. Zeitschr. f. d. Rheinprov. 1904, Nr. 46/48): „Mir will es scheinen, daß man bei Futterrüben ohne Bedenken bis zu 250 kg (Kochsalz) auf $^1/_4$ ha gehen kann, indessen werden auf Mittelboden 100 bis 150 kg auf $^1/_4$ ha wohl bereits genügen —.“

[4]) Löw, Das Kalken des Bodens vom physiologischen Standpunkte aus. (Zusammenfassung.) Unit. States Dep. of Agric., 1901, Bull. 1, p. 9, zit. nach Chem. Centr.-Bl. 1902, Bd. 1, S. 365.

übersteigt.[1]) Eingehender sind nur landwirtschaftliche Kulturgewächse untersucht worden.[2])

Aus diesen Darlegungen ergibt sich zunächst, daß man auf lehmig-tonigen Böden, die im allgemeinen überhaupt wohl nur bei intensiverer Wirtschaft (ständiger Pflanzgarten) einer Kalizufuhr benötigen,[3]) noch konzentrierte Salze bevorzugen soll. Auf leichteren, sandigen Böden tritt zwar die Verkrustung erst nach fortgesetzter Anwendung ein, die Rohsalze nehmen aber den ohnedies doch meist ärmeren Boden gehörig aus, weshalb auch hier in vielen Fällen konzentrierte Salze angebracht sind. Je weiter der Verwendungsort von der Lieferstelle entfernt ist, um so mehr drücken Transportkosten und Spesen auf geringhaltiges Material, und um so mehr wird schon die Rechnung an sich zugunsten konzentrierterer Salze entscheiden.

Die ausgesprochen kräftige Einwirkung, zusammen mit der großen Löslichkeit der Kalidüngemittel, macht auf leichteren, humusarmen Böden die Anwendung geringerer Quantitäten oder die Teilung größerer nötig. Gerade an Nadelhölzern,[4]) denen

---

[1]) W. May gibt als bestes Verhältnis zwischen Kalk und Magnesia im Boden 7 : 4 an. Lit. wie umseitig bei Löw. Dagegen hat u. a. Meyer (Landw. Jahrb., 1904, S. 402) berichtet, daß die Löw'sche Annahme nicht zutreffend sei.

[2]) Eine Arbeit über die drei wichtigsten japanischen Waldbäume (Cryptomeria japonica, Thuja obtusa, Pinus densiflora) resümieren Löw und Honda (Imp. Univers. College of Agric. 2, p. 378, zit. nach Chem. Centr.-Bl. 1896, Bd. 1, S. 1132) ad 2 dahin, daß die Bonität des Kalkbodens abnimmt, wenn die Magnesiamenge beträchtlich die Kalkmenge überwiegt, und ad 3, daß Kalkmangel sich am auffälligsten bei der Kiefer durch Produktion kürzerer Nadeln bemerklich macht.

[3]) Nach Märcker (Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges., Heft 17, S. 29 und 36) sind in Böden mit 10 % Feinerdegehalt die durch Verwitterung frei werdenden Kalimengen gewöhnlich so groß, daß diese Böden einer Ergänzung durch eine Kalidüngung nicht bedürfen, Siehe auch Schneidewind, Die Kalidüngung auf besseren Böden, Berlin 1905. Ramann, Bodenkunde und Standortslehre, Berlin 1893, S. 415.

[4]) Dagegen beobachtete Forstmeister Greve, Ebstorf, daß zwei- bis dreijährige Schuleichen (im Gegensatz zu Kiefern, Fichten, Weymouthskiefern) so große Kainitmengen vertrugen, „wie man sie in der Praxis wohl nie anwenden wird". (Privatmitteilung.) Gilt dies nicht nur für den speziellen Standort, so könnte man wohl Eiche (auf Schutzstreifen), ähnlich der Lupine (s. S. 86 ff.), zur Umformung

jene Standorte meist zugewiesen werden, hat man beobachtet, daß sie sich gegen konzentriertere Bodenlösungen ziemlich empfindlich zeigen, hauptsächlich junge Pflänzchen. In gleicher Weise wie die unterirdischen Organe zeigen sich auch oberirdische Sprosse (auch hier wieder besonders Nadelhölzer) ziemlich empfindlich gegen die Einwirkung der Kalisalze. Über Schädigung durch Bestreuen junger Pflanzen bis zum Absterben wurde häufig berichtet. Wo eine Kalizufuhr deshalb im Herbst vorher nicht tunlich ist, verwendet man besser kompostiertes Material oder verdünnte Lösungen (Pflanzgarten). Bekannt ist, daß sich nach einer Kalidüngung gern Gräser einstellen, weshalb ein plätzeweises oder streifenweises Düngen im Walde empfehlenswert erscheint. An landwirtschaftlichen Gewächsen beobachtete man ferner, daß gerade in der Aufnahme der Kalisalze viele Pflanzen das Bestreben haben, Luxuskonsum zu treiben;[1]) für forstliche Kulturen scheint dies aber, wie erwähnt, weniger bedenklich.[2]) An landwirtschaftlichen Nutzpflanzen beobachtete man ferner (das gilt für die besser ernährten Pflanzen überhaupt), daß sie sich nach einer entsprechenden Kalidüngung besonders widerstandsfähig gegen Dürre erwiesen. Damit deckt sich andererseits die Angabe, daß frische Kalidüngung wegen ihrer starken hygroskopischen Wirkung der Pflanze Schwierigkeiten bei der Wasseraufnahme machen kann.[3]) Die Nachwirkung einer Kalidüngung schätzt die Landwirtschaft im allgemeinen niedrig ein.

---

von gewissen Dungstoffen bei Kulturen anwenden, die eine direkte Zufuhr nicht gut vertragen. Dabei kann man hier gegebenenfalls auf die Eiche noch als Lückenbüßer für die Hauptkultur zurückgreifen.

[1]) Einen abnormen Fall erwähnen Nobbe und Siegert (Landw. Vers.-Stat. 1864, S. 37): Buchweizen in Wasserkultur nahm so viel Chlorkalium auf, daß sich dasselbe auf Blatt und Stengel als Kruste abschied.

[2]) So berichtet unter anderen Fleischer, Arb. d. Deutschen Landw.-Ges., Heft 17, S. 136, daß auf der Domäne Augustenhof in Posen Moorwiesenheu nach öfterer Kalidüngung, wohl wegen des hohen Gehaltes an Chlorverbindungen, schließlich von den Tieren nicht mehr genommen wurde. Siehe auch Märcker, gleiche Lit. S. 44.

Auch vom Wild wird Kainit gern beleckt; bei größerer Aufnahme, die grobstückige Waare und flaches Unterbringen erleichtern, können Krankheitserscheinungen die Folge sein.

[3]) Vergl. Neue Forstl. Blätter 1903, S. 302.

Wie schon früher erwähnt, wendet man eine Kalidüngung nicht gern an, ohne sich wenigstens des Kalkvorrats im Boden vergewissert zu haben. Die Landwirtschaft hat aber auch nach alleiniger Kalidüngung Mißerfolge zu verzeichnen gehabt, die bei einer gleichzeitigen Zufuhr von Phosphorsäure ausblieben, ja sogar ins Gegenteil umschlugen. In der Forstwirtschaft fehlt es dagegen nicht an Beispielen, wo eine reine Kalizufuhr oder eine solche in Verbindung mit einer Kalkung von Vorteil war. Dies wird mehr auf sauren, humusreichen Böden der Fall sein, deren Säuregehalt durch eine Kali- oder Kalkzufuhr gemildert wird und deren Humusanteile dadurch einer rascheren Umsetzung zugeführt werden.[1])

Moose und Cyperaceen sterben durch Bestreuen mit Kalisalzen schließlich ab. Dagegen scheinen landwirtschaftliche Kulturen, sofern sie über die Jugendentwickelung hinaus sind, selbst eine mäßige Kopfdüngung mit Kalisalzen vertragen zu können. Für Forstpflanzen wird dies für den unvermischten Dungstoff nicht zu raten sein, ob für kompostiertes Material, wäre zu erproben.

Festzustellen wäre ferner, wenn auch zunächst nur für die Wissenschaft, wie Forstpflanzen auf jene teureren Düngemittel reagieren, die wie das Chlorkalium fast frei von Kochsalz, oder wie schwefelsaures Kali und schwefelsaure Kali-Magnesia fast überhaupt frei von Chlorsalzen sind, oder die wie das Martellin ein kieselsaures Kali darstellen.

Kainit ballt bei längerem Lagern zusammen, eine $2^1/_2$ prozentige Beimischung von Torfmull hindert dies. Carnallit zieht dagegen aufbewahrt Feuchtigkeit an und ist deshalb bald zu streuen.

Außer den vorher behandelten stickstoffhaltigen Dungstoffen organischer Herkunft (Stallmist, Fäkalien usw.) sind für den Markt als spezifische Stickstoffdünger von ausschlaggebender Bedeutung das schwefelsaure Ammoniak und

Der Chilisalpeter.

Das Rohprodukt, „caliche“ genannt, ist eine salpeterhaltige Erde, die in Chili an der peruanischen Grenze gefunden wird,

[1]) Auch Baumann (s. Jahrb. d. Deutschen Landwirtsch.-Gesellsch. 1901, S. 34) erzielte auf Hochmoorböden (saure Humusböden des Waldes verhalten sich ähnlich) mit 40 % Kalisalz erheblich günstigere Wirkungen als mit Kainit.

und die 15 bis 65 % Natriumnitrat[1]) neben Chlornatrium, wenig Kalisalpeter, Perchlorat[2]) ($KClO_4$) und jodsaurem Natron enthält.[3])

Durch Auslaugen und Umkristallisieren gewinnt man den Rohsalpeter, der mit einem Gehalt von 95 bis 96 % Natriumnitrat verschifft wird und den Chilisalpeter des Handels mit 15 bis 16 % Stickstoffgehalt darstellt (Preis zurzeit für 100 kg ca. 21,00 M., Frachtbasis Hamburg).[4])

Chilisalpeter enthält den Stickstoff in einer Bindung, die für die meisten Pflanzen direkt aufnahmefähig ist: als salpetersaures Salz.[5]) Die Salpetersäure findet aber im Boden keine Absorption; der Salpeter wird infolgedessen von der Bodenlösung (nicht auch vom Boden selbst) aufgenommen und verbreitet. Was die Pflanze nicht aufnimmt, fällt nach kurzer Zeit der Verwaschung anheim. So ist Salpeter ein überaus rasch, einseitig durch seinen Stickstoffgehalt wirkendes Düngemittel, das kaum Nachwirkung zeigt. Im landwirtschaftlichen Betriebe bringt seine Zufuhr die größten Erträge auf Böden, die eine intensive Wirtschaft gestatten, also auf mildem Lehm- und Mergelboden. Auf schweren, tonig-nassen Böden ist er weniger am Platze. Hier kann er, wie andere leicht lösliche Salze (s. Kali S. 60), die die Eigenschaft haben, Feuchtigkeit besonders festzuhalten, eine Verkrustung der Oberfläche verursachen, der nötigenfalls durch mechanische Bearbeitung, Kalk-

---

[1]) Nach v. d. Ost, Chem. Technologie, Hannover 1900, S. 122.

[2]) Der Gehalt an Perchlorat auch im Handelsprodukt, der vor einigen Jahren wegen seiner unangenehmen Folgeerscheinungen von sich reden machte, kommt jetzt kaum mehr vor; der Landwirt läßt sich trotzdem beim Einkauf garantieren, daß der Stoff nicht über 1 % Perchlorat enthält. Besonders auf sauren Böden macht sich ein Perchloratgehalt unangenehm bemerkbar.

[3]) Der Jodgehalt spricht für eine Entstehung aus Seepflanzen, die, ans Ufer geworfen, vielleicht mit Guanoanteilen verwesten; gegen Verwaschung schützte eine tonige Decke.

[4]) Der Verkauf ist auch hier fast einheitlich geregelt durch die Delegation der vereinigten Salpeterproduzenten, Berlin-Charlottenburg.

[5]) Die frühere Annahme, daß höhere Pflanzen ihre Stickstoffnahrung überhaupt nur in Form salpetersaurer Salze aufnehmen, ist nach neueren Forschungen nicht mehr haltbar. Diese letzteren haben an einer Reihe von Versuchspflanzen ergeben, daß beispielsweise der Ammoniakstickstoff des schwefelsauren Ammons direkt ohne vorherige Umwandlung in Salpetersäure von der Pflanze verwertet werden kann. Die Aufnahme von Stickstoff aus plasmatischen Stoffen ist schon länger bekannt.

oder organische Düngung entgegengearbeitet werden muß. Noch besser wird eine Verwendung von schwefelsaurem Ammoniak (s. S. 68) oder anderen Stickstoffdüngern organischer Abstammung an Stelle des Chilisalpeters sein, die den Boden nicht verkrusten, sich aber langsamer umsetzen. Auf leichterem Sand- und Kalkboden ist dagegen die Wirkung des Chilisalpeters gewöhnlich eine günstigere, auf schwer zersetzbarem Hochmoorboden[1]) vorzüglicher als die des schwefelsauren Ammoniaks, das hier einer vorherigen Kalkzufuhr bedarf.

Die Stickstoffdünger gehören zu den teuersten Dungstoffen. Um so mehr hat man Grund, gerade mit Chilisalpeter sparsam umzugehen, da er — entgegen dem organisch gebundenen Stickstoff und dem Ammoniak-Stickstoff — nur kurze Zeit wirksam bleibt. Man führt ihn deshalb dem Boden zu, kurz bevor seine Mitwirkung erwünscht ist, und teilt am besten die zu verwendenden Mengen.

Eine Salpeterdüngung treibt die Vegetation außerordentlich, besonders dann, wenn der Boden genügende Mengen an anderen Nährstoffen (Phosphorsäure, Kalium usw.) in leicht assimilierbarer Form besitzt. Der Landwirt verwendet deshalb den Chilisalpeter nicht gern zur alleinigen Düngung, er gibt ihn zusammen mit leichtlöslicher Phosphorsäure oder nach vorheriger Düngung mit Phosphaten[2]) und Kalisalzen. Nur als Nachhilfe und wo eine Reizwirkung für die Pflanze nötig erscheint, verwendet man Chilisalpeter,[3]) ähnlich wie Jauche, allein. Eine gleichzeitige Gabe von Kalk mit Stickstoffsalzen ist zu vermeiden, da Kalk diese rasch zerstört und die Dungwirkung dadurch wesentlich herabdrückt.

---

[1]) Natürlich nur, wo eine rasche Wirkung erwünscht ist; im allgemeinen wird man hier gut tun, den Stickstoffgehalt des Hochmoors selbst durch dessen Umsetzung dienstbar zu machen. Ist auch der Gehalt (ca. 1 %) ein geringer im Verhältnis zum Niederungsmoor (2,5 bis 4 %), so ergibt die Rechnung nach Fleischer (Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges., Bd. 17, S. 120) doch für Hochmoor auf 1 ha und 20 cm Tiefe einen Vorrat von ca. 3000 kg Stickstoff.

[2]) Dabei ist zu beachten, daß es besser ist, Chilisalpeter mit Superphosphat nicht vor dem Ausstreuen zusammen zu mischen, weil sie sich so gegenseitig umsetzen und an Wirksamkeit verlieren können.

[3]) So selbst in geringen Mengen für Stickstoffsammler (s. Gründüngung S. 80), bei denen sonst eine Stickstoffdüngung nicht lohnt, oft sogar direkt schadet.

Eine zu starke Zufuhr von Salpeter kann Geilwuchs, Verzögerung des Ausreifens und qualitative Schädigung der Ernte zur Folge haben, verschieden je nach der Kulturpflanze.

Zu beachten ist ferner, daß die Vorliebe des Wildes für Salz auch dem Chilisalpeter gilt. Folgt dem Streuen (Kopfdung) nicht baldiger Regen, so bleibt der Salpeter vielleicht einige Tage auf Pflanze und Boden liegen. Vom Wild aufgenommen, kann er dann giftig wirken, teils durch bereits vorhandene Verunreinigung mit Nitrit ($NaNO_2$), teils durch Umwandlung des salpetersauren Salzes in salpetrigsaures im Körper des Tieres. Salpetrigsaure Salze wirken aber als Blutgifte.[1]) Geifern, Würgen, Krämpfe und mehr oder minder rasches Verenden wurden als Folgeerscheinung bei Rot- und Rehwild, Hasen, Fasanen und Feldhühnern beobachtet. Man verwende deshalb Chili nur ganz feinkörnig bei feuchter Witterung oder, wo dies möglich ist, statt dessen schwefelsaures Ammoniak.

Unter den verschiedenen Stickstoffdüngern wird im forstlichen Betriebe eine Düngung mit Chilisalpeter nur im Ausnahmefalle stattfinden können, beispielsweise da, wo ein rasch wirkendes Mittel nötig ist, um einen Reiz auf die Vegetation auszuüben.[2])

---

[1]) Nach privaten Mitteilungen der Herren: Prof. Dr. Brandl, Prof. Dr. Kitt, München, Forstmeister G. Rulf, Domauschitz, denen ich hierdurch danke. Siehe auch: Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1904, S. 279; Öst. Forst- u. Jagdzeitung 1903, S. 81; Forstwissensch. Zentral-Blatt, 1904, S. 641.

[2]) So hat man wohl Schulpflanzen zwischen die Reihen kurz vor Knospenausbruch etwa 1,5 bis bis 2 kg Chili auf den Ar zugeführt und im Notfall etwa Ende Juli die gleiche Gabe wiederholt. — Eine Aufstellung von Stickstoffdüngemitteln, geordnet nach ihrer ungefähren Zugängigkeit für landwirtschaftliche Pflanzen, siehe Anmerkung S. 49.

Über die Stickstoffernährung der Waldpflanzen herrscht überhaupt noch einiges Dunkel. Die Statik müßte eigentlich ergeben, daß die Zufuhr nicht die Ausfuhr deckt. Die Waldbäume scheinen Stickstoffquellen zur Verfügung zu haben, von denen wir noch wenig wissen (Pilze, Bakterien?). Diejenigen, die meinen, daß Stickstoff als Minimumfaktor im allgemeinen die Waldproduktion regiere, müssen wenigstens annehmen, daß die oberirdischen Organe der Pflanze wenig an der Stickstoffaufnahme beteiligt sind; denn der Stickstoffgehalt der Luft ist überall gleich, je nach Standortsbonitäten wird aber mehr oder weniger Stickstoff aufgenommen. Dies scheint darauf hinzudeuten, daß die Stickstoffversorgung, wenigstens in der Hauptsache, von den unterirdischen Organen besorgt wird, die in der

Eine Stickstoffdüngung wird man selbst in Pflanzgärten besser mit Kompost oder den schwerer umsetzbaren Stickstoffdüngern vornehmen: schwefelsaures Ammoniak, Blutmehl, Hornmehl, Knochenmehl usw. (s. Anm. S. 49). Wohl am besten und relativ am vorteilhaftesten bedient man sich bei größerem Bedarf an Stickstoff der Gründüngungspflanzen, sei es ein- oder mehrjähriger, im Voran- oder Zwischenbau.[1])

Das schwefelsaure Ammoniak

oder schwefelsaure Ammon wird hauptsächlich als Abfallprodukt in Kokereien und bei der Leuchtgasfabrikation aus fossilen Brennstoffen gewonnen, die durchschnittlich $^3/_4$ % Stickstoff enthalten. Das Gaswaschwasser enthält Ammoniakgas, welches herausdestilliert und an Schwefelsäure gebunden wird. So entsteht das Handelsprodukt von ca. 21 % Stickstoff; auf einen schädlich wirkenden Gehalt an Rhodanammonium[2]) wird in der Literatur häufig hingewiesen.

Als Düngemittel wirkt das schwefelsaure Ammoniak langsamer als der Salpeter, dafür aber um so nachhaltiger. Verluste durch Verwaschung (auch auf leichteren Böden) sind geringer, weil es vom Boden absorbiert wird; ein Verkrusten ist ebenso nicht zu befürchten. Ein verfügbarer Vorrat an den anderen Pflanzennährstoffen begünstigt auch hier den Erfolg einer Düngung.[3]) Der

---

Lage sein müssen, gemäß höherer Produktion auf besseren Standorten direkt oder indirekt auch mehr Stickstoff heranzuschaffen.

[1]) Der Kalkstickstoff, gewonnen durch Überleiten von atmosphärischem Stickstoff über erhitztes Calciumcarbid, hat zunächst noch keine Bedeutung für den Düngemittelmarkt. Versuche damit haben bisher nur wenig befriedigt. (Siehe Gerlach und Wagner, Jahrb. d. Deutsch. Landw.-Ges. 1904, S. 33 ff; Haselhoff, Landwirtsch. Jahrb. 1905, S. 599; Tacke, Mitt. z. Förder. d. Moor-Kultur i. D. R. 1903, **21**, S. 346.

[2]) Haselhoff u. Gössel (Zeitschr. f. Pflanzenkrankh. 1904, S. 1, nach Ref.: Forstl. Rundschau 1905, S. 45) fanden Rhodanammon im Gasphosphat (einem Düngemittel geringer Bedeutung) und meinen, daß ein Düngemittel mit einem Gehalt von 0,76 % Rhodanammon nicht den Namen eines solchen verdient.

[3]) Daher ist wohl auch das Ammoniaksuperphosphat ein so beliebtes Düngemittel, nur muß die Mischung, die es darstellt, schwefelsaures Ammoniak und Superphosphat, häufig zu teuer bezahlt werden.

Umsetzung wegen ist dabei speziell auch auf Kalk Rücksicht zu nehmen, ganz besonders auf sauren Böden, wo die Humussäure das Ammoniak an sich reißt und die Schwefelsäure in Freiheit setzt, die ungebunden (bei Kalk und Alkalimangel usw.) äußerst schädlich wirkt.[1]) Eine Kalkzufuhr hätte auch hier im Herbst vorher, eine Düngung mit schwefelsaurem Ammoniak im zeitigen Frühjahre zu erfolgen. Zur Kopfdüngung wird schwefelsaures Ammoniak weniger empfohlen als der Chilisalpeter, der auch in trockenen Lagen Besseres leisten soll.

Nicht allein der Boden, auch die Pflanzen selbst reagieren verschieden auf dieses oder jenes Stickstoffdüngemittel. Manche Agrikulturchemiker meinen, daß der Chilisalpeter im Wirkungswert im allgemeinen 10 % höher zu bemessen sei als das schwefelsaure Ammoniak; andere halten beide für gleichwertig.[2])

---

1) Man bezeichnet schwefelsaures Ammoniak als ein saures Düngemittel und knüpft daran folgende Vorstellung: bei seiner Umsetzung im Boden wird Schwefelsäure frei, welche ihrerseits basische (Mineral-) Bestandteile des Bodens bindet. Umgekehrt beim Chilisalpeter: hier wird die Salpetersäure von der Pflanze verwandt, und das übrig bleibende Natron (eine Base) vermag eine andere Säure des Bodens zu binden. Deshalb bezeichnet man Salpeter als ein basisches Düngemittel.

2) Über den ungefähren Wirkungswert der verschiedenen Stickstoffdüngemittel für die Landwirtschaft hat Wagener (Arb. d. Deutschen Landwirtsch.-Ges., Heft 80, zit. nach Biedermann, Centr.-Bl. 1903, S. 732) folgende Verhältniszahlen aufgestellt:

Einheit: die Wirkung des Stickstoffs im Chilislapeter = 100

Ammoniakstickstoff	94	
Peruguano	87	
Damaraland-Guano	91	
Hornmehl	74	
Blutmehl	73	
Wollstaub	26	
Bremer Poudrette	60	
grüne Pflanzenmasse	77	
Knochenmehl	60	nach Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges., Heft 17, S. 86.
Stallmist	45	
Ledermehl	20	

Nach diesen Wirkungswerten berechnet man nunmehr den Geldwert dieser Düngemittel auf folgende Art: Angenommen, 100 kg Chilisalpeter mit 15 % garantiertem Stickstoffgehalt kosten im Handel 21,00 M., so kostet ein Kilo (Kiloprozent) Stickstoff $\frac{21,00}{15} = 1,40$ M. Demnach würde sich schwefelsaures Ammoniak mit 20,5 % Stickstoff-

Die Gründüngung,

schon im Altertum bekannt, besteht im Anbau gewisser Pflanzen zu Düngungszwecken.[1]) Man erwartet davon chemische wie physikalische Wirkungen: Zufuhr von Humus, Zufuhr von Stickstoff, Aufschließung des Untergrundes, Beschattung, Reinhaltung des Bodens, Gewinnung von Viehfutter. Ferner kann man durch Gründüngung eine Umformung sowohl der Nährstoffe des Bodens als derjenigen einer Düngerzufuhr erreichen, sofern sie sich als schwer aufnehmbar für die Hauptkultur erweisen oder, direkt aufgenommen, unvorteilhaft wirken können. Die Lupine mit ihrem großen Vermögen, sich Nährstoffe anzueignen, bringt diese in eine solche Form, daß sie für die Hauptkultur leichter aufnehmbar sind. Zur Verwendung gelangen hauptsächlich stickstoffsammelnde Gewächse (Leguminosen). Nur bei einem späteren Abernten der Vorfrucht und da, wo es mehr auf eine Zufuhr organischer Massen ankommt, werden verschiedene andere Pflanzen wegen ihrer Raschwüchsigkeit vorgezogen (weißer Senf, Spörgel usw.).

Als Stickstoffsammler verwendet man nach Wollny:[2])

Für leichte sandige Böden

gelbe Lupine (Lupinus luteus),
Serradella (Ornithopus sativus),
spanische Blatterbse (Lathyrus Clymenum),
Zottelwicke (Vicia villosa),

---

gehalt bewerten für 100 kg auf $\frac{20{,}5 \times 94 \times 140}{100} = 26{,}98$ M. Tatsächlich aber passen sich die Marktpreise dieser Rechnung nicht genau an. Die Werte können nur ungefähre sein, die Ausnutzung ist, wie öfter dargelegt, nach Pflanze und Konstellation der Wachstumsfaktoren verschieden. Auch sind die Wagnerschen Zahlen durchaus nicht allgemein anerkannt. Forstliche Pflanzen sind noch nicht in den Kreis der Untersuchung gezogen worden. Siehe Wohltmann, Chilisalpeter oder Ammoniak, Berlin 1903. Lilienthal, Fühlings Landw. Ztg., 53. Jahrgang, Heft 4, u. 54. Jahrg., Heft 10 bis 12. Kloepfer, ebendort, 52. Jahrg., Heft 10 und 11.

[1]) Diese etwas erweiterte Erklärung rechtfertigt sich, weil man sonst (siehe Ney, Lehre vom Waldbau 1885, S. 147) jede Art der Bodenbearbeitung im Walde, wobei lebende Bodenüberzüge in irgendwelcher Weise mit Erde bedeckt werden und als Kulturfläche dienen, als Gründüngung bezeichnen könnte.

[2]) Wollny, Die Zersetzung d. org. Stoffe, Heidelberg 1897, S. 438.

Gelbklee (Medicago lupulina),
Schwedenklee (Trifolium hybridum).

Für Mittelböden (lehmiger Sand und sandiger Lehm)[1])
blaue Lupine (Lupinus angustifolius),
weiße Lupine (Lupinus albus),
Erbse (Pisum sativum),
Wicke (Vicia sativa),
Zottelwicke (Vicia villosa),
Peluschke (Pisum arvense).

Für schwere Böden[1])
Wicke (Vicia sativa),
Ackerbohne (Faba vulgaris),
Bokharaklee (Melilotos),
Serradella, Zottelwicke, Gelb-, Schwedenklee, Peluschke.

Als raschwüchsig bei verhältnismäßig großer Produktion an Pflanzenmasse werden benutzt:
Weißer Senf (Sinapis alba),
Rübsen (Brassica Rapa oleifera),
Ölrettig (Raphanus sativus oleiferus),
Spörgel (Spergula arvensis und Spergula maxima),
Buchweizen (Fagopyrum esculentum).

Die folgende Tabelle zeigt die ungefähre Erntemasse an oberirdischen Teilen und deren Gehalt (s. Wollny, a. a. O., S. 440) Steigerung bis 50 % ist möglich.[2])

---

[1]) Auf schwereren Böden, für die weder Humuszufuhr noch Bodenaufschluß nötig erscheint, wird man erwägen, ob nicht eine mehr oder weniger kräftige Bodenbearbeitung bei weniger Kosten gleiches leisten kann wie eine Lupinendüngung. Caron, Ellenbach (Prot. d. Sitzung d. Landw. Ges., Hannover 1896) beobachtete, daß auf seinem Boden (guter Lehm) die Lupine für landwirtschaftliche Zwecke nicht gleiches leistete wie eine entsprechende Bodenbearbeitung (Schwarzbrache).

[2]) Mineralstoffgehalt von Gründüngungspflanzen (soweit mir Analysen vorlagen) siehe Tabelle II im Anhang.

Diese Mengen, die sich auf die Zusammensetzung der Pflanzensubstanz beziehen, erhöhen sich für den Boden nach Hiltner (Arbeiten d. Deutschen Landwirtsch.-Ges., Heft 98, S. 69) durch die Fähigkeit „wirklich angepaßter Leguminosenpflanzen, außer mit den in ihre Wurzeln eindringenden Knöllchenbakterien noch in nähere Beziehung zu Bakterien zu treten, die außerhalb ihrer Wurzeln im

Pflanze	Grüne Masse auf den Hektar dz à 100 kg	100 Teile grüne Pflanzenmasse enthalten im Mittel				= Stickstoff auf den Hektar kg (berechnet)
		Wasser	Org. Substanz	Asche	Stickstoff	
Lupine, gelbe . .	120—240	85,0	14,3	0,7	0,67	80,4—160,8
Lupine, weiße . .	150—300					100,5—201
Wicke, Saat- . .	160—240	82,0	16,2	1,8	0,56	89,6—134,4
Zottelwicke . .	160—320	83,3	15,5	1,2	0,69	110,4—220,8
Erbse	120—240	81,5	17,0	1,5	0,51	61,2—122,4
Peluschke . . .	120—240	83,2	15,6	1,2	0,56	67,2—134,4
Spanische Blatterbse	100—250	77,6	—	—	0,83	83—207,5
Ackerbohne . .	160—240	86,1	12,4	1,5	0,48	76,8—115,2
Serradella . . .	120—300	81,0	17,2	1,8	0,59	70,8—177
Gelbklee	80—180	80,0	18,5	1,5	0,56	44,8—100,8
Schwedenklee . .	120—240	82,0	16,2	1,8	0,53	63,6—127,2
Bokharaklee . .	160—320	87,5	10,4	2,1	0,46	73,6—147,2
Weißer Senf . .	120—240	82,7	15,9	1,4	0,34	40,8—81,6
Rübsen	160—200	85,9	12,8	1,3	0,45	72—90
Spörgel	60—140	80,0	18,0	2,0	0,37	22,2—51,8
Buchweizen . .	100—240	85,0	13,6	1,4	0,38	38—91,2

Für die Stoppel- bzw. Wurzelrückstände gibt Weiske[1]) die folgenden Zahlen, die also den vorstehend gegebenen zu addieren wären, sofern man einigen Anhalt haben will, wieviel dem Boden durch Belassen der ganzen Pflanze an Masse einverleibt wird; die Ernterückstände einiger Getreidearten mögen zum Vergleich dienen:

Boden leben, denen hauptsächlich die Fähigkeit zukommt, den löslichen Bodenstickstoff in eine unlösliche, von den Pflanzen zunächst nicht aufnehmbare, aber wieder leicht zersetzbare Form überzuführen. Durch diese Festlegung können nicht nur die Leguminosenpflanzen ungehindert aus ihren Knöllchen Vorteil ziehen, sondern es wird auch den im Boden freilebenden, stickstoffsammelnden Bakterien, die nach allen bisherigen Beobachtungen durch Salpeter oder andere von höheren Pflanzen aufnehmbare Stickstofformen ebenfalls in ihrer Tätigkeit beschränkt werden, den freien Stickstoff aufzunehmen, — innerhalb der Einflußsphäre der Wurzeln, oder innerhalb der „Rhizosphäre“ — die Möglichkeit geschaffen, ihre nützliche Tätigkeit zu entfalten, und erst dadurch, und keineswegs durch die Knöllchenwirkung allein, läßt es sich erklären, warum die Leguminosen den Boden mit Stickstoff anreichern, der der Nachfrucht zugute kommt.“ Zahlen über Mengen liegen mir nicht vor!

[1]) Weiske, Landw. Vers.-Stationen 1871, S. 105, zit. nach Wollny, a. a. O.

Pflanze	Auf den Hektar in kg.			Die Mineralstoffe verteilen sich für den Hektar auf			
	Summa Stoppel- und Wurzel- rück- stände	Davon orga- nische Stoffe	Davon Mineral- stoffe	Stick- stoff kg	Kalk kg	Kali kg	Phos- phor- säure kg
Buchweizen . .	2 518	1 984	534	54,96	92,0	10,6	12,6
Raps	5 114	4 400	714	69,84	142,0	54,2	36,8
Lupine	4 054	3 422	632	71,52	92,4	19,6	16,0
Erbsen	3 696	2 926	770	65,04	82,6	13,0	17,2
Serradella . . .	3 590	2 964	626	74,40	91,8	10,2	21,2
Wundklee . . .	5 740	4 622	1 118	117,36	156,2	29,8	27,8
Rotklee	10 232	8 030	2 202	220,08	300,4	93,8	86,0
Luzerne	11 088	9 712	1 376	156,48	225,6	42,2	45,2
Esparsette . . .	6 802	5 628	1 174	141,60	134,4	49,0	34,2
Weizen	3 988	2 738	1 250	27,12	88,2	21,2	13,6
Roggen	6 038	4 148	1 890	75,12	84,2	36,0	29,2
Gerste	2 284	1 848	436	26,40	48,6	11,2	13,8
Hafer	4 334	2 678	1 656	30,72	98,4	28,6	34,6

Die Stoppeln bzw. Wurzeln wurden nach der Ernte bis zu 10 Zoll (26 cm) Tiefe ausgegraben, weshalb für eine Reihe Tiefwurzler (weiße, blaue Lupine, Luzerne, Esparsette usw.) obige Angaben etwas zu niedrig sind. Weitere Angaben über Ernterückstände siehe bei Heiden, Düngerlehre, Hannover 1887, Bd. 2, S. 879 ff.

Zum Anbau wurden ferner empfohlen von Ramm[1]) als anspruchslos für Kahlhänge, Weiden und Ödungen: Ulex europaeus, Latyrus sylvestris, Vicia sepium; für geröllereichen Kalk: Esparsette; für leichte, flachgründige Böden: Trifolium repens usw. Nach von Schröder[2]) eignet sich die Zottelwicke bei hohen Erträgen an organischer Masse besonders für schwere Böden, wo die Lupine weniger gedeiht.

Gareis[3]) verwendet auf meist flachgründigen, ziemlich humosen, kräftigen Böden der oberbayerischen Hochebene: $^1/_2$ Wicke, $^1/_2$ Sommererbse, zusammen 50 g auf den Quadratmeter zur Saat. Vor Einbringung derselben düngt er die gleiche Fläche mit 40 g Thomasmehl und 50 g Kainit.

---

[1]) Ramm, Über die Frage der Anwendbarkeit von Düngung im forstl. Betriebe, Stuttgart 1892.

[2]) von Schröder, Tharandter forstl. Jahrb. 1893, S. 155.

[3]) Gareis, Forstwiss. Zentr.-Bl. 1902, S. 241.

Runnebaum[1]) berichtet, daß für Eberswalder Verhältnisse unter den verschiedenen Sorten der blauen Lupine der Vorzug zu geben sei.

May[2]) und Laspeyres[3]) halten nach eingehenden Versuchen mit der vielblättrigen Lupine (Lupinus polyphyllus Dougl.) diese geeignet zum Anbau auf frischem Sand- und Lehmboden, mindestens dritter Kiefernbonität; gelbe und blaue Lupinen seien geringer in ihren Ansprüchen.

Koch[4]) berichtet, daß durch Saat zwischen vierjährigen Fichten in einem alten Pflanzgarten auf Goldhöfer (diluv.) Sand und Stubensandstein perennierende Lupine eingebracht wurde. Diese gedieh gut, erwies sich gegen Spätfröste ziemlich hart, hielt Unkraut zurück, pflanzte sich natürlich fort und hatte augenscheinlich eine gute Wirkung auf die danebenstehenden Fichten. (Das Reh nahm nur junge Spitzen, der Hase nichts.)

Ziemlich umfangreiche, komparative und vorzüglich durchgeführte Versuche mit Gründüngungspflanzen haben Engler und Glutz[5]) veröffentlicht, sie sind wohl die besten, die für forstliche Zwecke bisher unternommen worden sind.[6]) Obwohl sie als noch nicht abgeschlossen bezeichnet werden und die Resultate, wie bei jedem Dungversuche, nicht ohne weiteres übertragen werden können, möge die Zusammenfassung ihrer Ergebnisse schon hier mitgeteilt sein; gedacht ist dabei zunächst an Pflanzgartenverwertung.

Haupt-Versuchspflanzen waren folgende Leguminosen:

1. Futterwicke, Vicia sativa. Verhältnismäßig geringer Ertrag an oberirdischer Masse, reich an Stickstoff, frosthart, wertvolle Futterpflanze.
2. Zottel-Sandwicke, Vicia villosa. Tiefwurzler, kann Trockenheit besser ertragen als 1.

---

[1]) Runnebaum, 11. Wandervers. d. Nordwestdeutsch. Forst-Vereins, S. 25.

[2]) May, Zeitschr. für Forst- und Jagdw. 1893, S. 151.

[3]) Laspeyres, Zeitschr. für Forst- und Jagdw. 1898, S. 115.

[4]) Koch, Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1902, S. 11.

[5]) Engler und Glutz, Mitteil. d. Schweizerischen Zentral-Anstalt für das forstl. Versuchswesen, Zürich, 1903, S. 319.

[6]) Inzwischen hat Hiltner, Naturwissensch. Zeitschr. f. Land- u. Forstwirtsch. 1995, S. 176, „Über Gründüngung und Impfung im Walde" Versuche veröffentlicht, auf die hier nur verwiesen werden kann.

3. Gelbe Lupine, Lupinus luteus, Tiefwurzler, oberirdische Entwickelung wird erst lebhaft nach kräftiger Wurzelbildung, Ertrag schwankend.
4. Blaue Lupine, Lupinus angustifolius. Harte Stengel, kein Viehfutter.
5. Weiße Lupine, Lupinus albus. Liebt warmen Boden, ist weniger kalkfeindlich, tiefgehende Bewurzelung, kein Viehfutter.
6. Ackererbse, Pisum sativum. Wenig Wurzelwerk, bei dichtem Stand und größerer Feuchtigkeit kann Faulen der lagernden Stengel erfolgen, oberirdische Masse groß, nicht so stickstoffreich, frosthart, feuchtigkeitliebend, kurze Vegetationszeit.
7. Saubohne, Vicia faba major. Kräftige Pfahlwurzel, verlangt feuchten, tiefgründigen Lehm- oder Tonboden, mit gewissem Kalkgehalt, lange Vegetationszeit, nicht frostempfindlich, häufig befallen von Rost und Blattlaus.
8. Zwergbohne, Phaseolus communis nanus. Wenig starke, aber weitverzweigte Wurzel, oberirdische Masse nicht groß, der relative Stickstoffgehalt kommt dem der Wicke am nächsten, empfindlich gegen Frost und Nässe, braucht Wärme.
9. Serradella, Ornithopus sativus. Wurzeleigenschaften ähnlich wie 3, deshalb Verunkrautung leicht möglich, bevorzugt frischen leichten Sand, sandigen Lehm ohne viel Kalk.

Versuchsplätze waren Forstgärten, verschieden nach Höhenlage, Exposition, Inklination, geologischer Abstammung, Niederschlagsmengen, Klima und Untergrund.

Nach vorheriger Bodenlockerung wurden die Samen durch Einrechen untergebracht. Beste Bedeckungstiefen für: Serradella $^1/_2$ bis 2, Lupine 2 bis 3, Wicke, Erbse, Zwergbohne 3 bis 5 cm, Saubohne, einzeln mit der Hand eingelegt, 4 bis 8 cm. Bei Anwendung von Düngemitteln wurde Thomasmehl und Kainit möglichst einige Zeit vor der Saat ausgestreut, bei Superphosphat unmittelbar davor. Für die vorliegenden Verhältnisse werden von Engler und Glutz folgende Samenmengen auf den Quadratmeter empfohlen: Wicke 20 bis 25, Lupine 25 bis 30, Ackererbse 30 bis 60, Saubohne 60 bis 100, Zwergbohne 50,

Serradella 15 bis 20 g. Die Keimung erfolgt im Mittel nach Tagen für: Wicken, Lupine, Saubohne 13, Ackererbsen 10, Zwergerbsen 11, Serradella 16.[1])

Die Erträge an organischen Massen wie an Gesamtstickstoff schwanken nach Standort und Versuchsjahr. Der Stickstoffgehalt der Wurzel blieb hinter dem der oberirdischen Teile zurück. Wicke, Ackererbse und Saubohne bilden auf schlechten, trockenen Böden größere Wurzelmassen aus als auf guten Böden.[2]) Als Zusammenfassung ihrer Ergebnisse geben die Autoren folgendes:

---

[1]) Diese Zahlen sind im Vergleich zu den im landwirtschaftlichen Betriebe verwandten Mengen ziemlich hohe, hier wird der dritte Teil bis die Hälfte weniger zur Einsaat gebracht. Siehe Müller, Wolffs Düngerlehre. 14. Aufl., 1904, S. 148.

Für den Sameneinkauf dienen folgende Angaben über den

Wirtschaftlichen Gebrauchswert der Schmetterlingsblütlersaat guter Qualität.

Nach Nobbes Handbuch der Samenkunde, Berlin 1876, und Landw. Kalender von Mentzel und von Lengerke, 1905, I. Teil, S. 71.

Samenart	1 Kilo (rein) enthält im Mittel Körner	Keimkraft der reinen Samen	Fremde Bestandteile höchstens	Wirtschaftl. Keimkraftdauer Jahre
	i. Tausend.	%		
Rotklee, deutsch	550	85—95	1,5	2—3
„ amerik.	640	90—95	1,5	2—3
Wundklee	385	75—85	1,5	2—3
Weißklee	1550	80—90	2,0	2—3
Schwedisch. Klee	1420	80—90	2,0	2—3
Inkarnatklee	285	80—90	1,5	2—3
Hornklee	1085	70—85	3,0	2—3
Gelbklee	610	85—95	1,5	2—3
Luzerne	465	85—95	1,5	2—3
Sand-Luzerne	445	80—90	1,5	2—3
Bokharaklee	520	70—80	1,5	2—3
Lupine, gelb	7	95—100	0,5	2—3
Esparsette	50	70—90	0,5	2—3
Pferdebohne	1	95—100	0,5	4—5
Erbse	3—5	95—100	0,5	5—6
Saatwicke	13	95—100	1,0	3—4
Serradella	290	80—90	1,5	2—3

Schwankend nach Maßgabe der Ausreifung, Trockenheit und Aufbewahrung.

[2]) Schultz-Lupitz erwähnt (Arb. d. Deutschen Landwirtsch.-Ges., Heft 7, S. 28), daß in trockenen Jahrgängen die Lupine ihre

1. Welche Leguminosenart ist zu wählen?
   a) Auf allen kalkreichen Böden, mögen sie reich an Ton und frisch und bindig sein oder aus irgendwelchem Grunde zur Trockenheit neigen, geben Ackererbse und Saubohne die kräftigste Gründüngung. Wenn der Kalkgehalt 2 bis 3 % nicht übersteigt und der Boden sehr frisch ist, darf auch die weiße Lupine, die Sandwicke oder die gelbe Lupine verwendet werden.
   b) Auf kalkarmen (weniger als 0,5 % CaO), aber genügend frischen Böden eignet sich die gelbe Lupine am besten zur Gründüngung.
   c) Die Futterwicke paßt nur für schwere, bindige Lehmböden; sie liefert eine weniger kräftige, aber sehr billige Gründüngung.
   d) In hohen Lagen und rauhen Klimaten und bei später Saat ist die Ackererbse zu verwenden.
2. Sind die Beete vor der Aussaat der Leguminosen mit „künstlichen" Düngemitteln zu düngen und eventuell wie?
   a) Wenn der Boden mehrere Jahre benutzt wurde und erschöpft ist, so wird eine mäßige Düngung mit Thomasmehl die Gründüngungserträge wesentlich erhöhen, besonders auf kalkarmen Böden. Man gebe auf den Quadratmeter nicht mehr als 30 bis 80 g Thomasmehl; den Ackererbsen und Saubohnen darf man größere Mengen geben als der Lupine. Auf humusarmen, zähen, bindigen, aber mineralisch noch kräftigen Böden ist es besser, die künstliche Düngung zu unterlassen.
   b) Kainit führe man nur in kleinen Mengen von 15 bis 40 g auf den Quadratmeter zu, Lupinen dürfen niemals eine frische Kainitdüngung erhalten.
   c) Die mineralischen Dünger sollen möglichst lange vor der Saat ausgestreut werden. Kann man erst kurz vor der Saat düngen, so sind die Düngermengen zu reduzieren.

Wurzeln verhältnismäßig tiefer in den Boden treibt als in feuchten. Nach ihm sind Lupinenwurzeln „verfolgt worden bis zu einer Tiefe von 1,50 m, während auch mehrfach in feuchten Jahren nur eine Wurzeltiefe von 0,80 m ermittelt wurde". Knöllchenbildung war in feuchten Jahren reicher.

d) Um dem Boden die entzogenen mineralischen Nährstoffe zu ersetzen, ergänzt man zweckmäßig Phosphorsäure und Kali im Herbst beim Eingraben der Gründüngung. Kalkarmen, schweren Tonböden gibt man bei dieser Gelegenheit mit Vorteil eine Kalkdüngung (etwa 100 g gelöschten Ätzkalk oder gewöhnlichen kohlensauren Kalk auf den Quadratmeter).

Eine möglichst genaue Kenntnis der physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften wird für unerläßlich gehalten, wenn man bei der Gründüngung grobe Fehler vermeiden will, jedenfalls sollte der Kalkgehalt des Bodens bekannt sein.

Erwähnt möge noch sein, daß Engler und Glutz für die gelbe Lupine, die nach Versuchen von Heinrich,[1]) Ulbricht[2]) und Edler[3]) Kalk nicht vertragen soll, die höchsten Ernten auf kalkreichen Böden (2,5 bzw. 1,2 % CaO) erhalten haben. Engler und Glutz meinen, daß der hohe Tongehalt und die häufige Durchfeuchtung nur schwache Kalklösungen im Boden entstehen ließen, während tonärmere, steinige, lockere und leicht austrocknende Böden durch Entstehung konzentrierterer Lösungen leicht die empfindliche Lupine ungünstig beeinflussen. Auch Schultz-Lupitz[4]) weist unter Beziehung auf Ermittelungen Fruwirths, der Lupinen bei 29 % Kalkgehalt des Bodens zog, darauf hin, daß Lupinus albus, L. mutabilis, L. Cruickshanskii und L. nanus[5]) unempfindlich gegen den Kalkgehalt im Boden sind. Dehérain und Demoussy[6]) fanden nach ihren Versuchen ebenso, daß die

---

[1]) Heinrich, Deutsche Landw. Presse 1896, nach Biederm. Centr.-Bl. für Agricult.-Chemie usw., 1897, S. 232. (0,46 % kohlens. Kalk schädigt erheblich.)

[2]) Ulbricht, Landw. Vers.-Stationen, Bd. 52, S. 383, zit. in Chem. Centr.-Bl. 1900, Bd. 1, S. 362. (500 bis 1000 kg CaO auf den Morgen als schwache Winterkalkung ruft bedeutende Ertragsverminderung hervor.)

[3]) Edler, Jahrb. d. Deutsch. Landw.-Ges. 1900, S. 556.

[4]) Schultz-Lupitz, Arbeiten d. Deutschen Landw.-Ges., Heft 17. S. 168.

[5]) Vibrans (Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges., Heft 64, S. 160) hält diese Sorte für zu teuer, als daß sie überhaupt in Frage kommen könnte für den praktischen Gebrauch.

[6]) Dehérain und Demoussy, Compt. rend. de l'Acad. des sciences, T. 135, p. 445, zit. nach Mach, Chem. Centr.-Bl. 1902, Bd. 2, S. 1074.

gelbe Lupine, obwohl sie als Sandpflanze zu betrachten sei, noch auf Boden mit 4 % Kalk bei mittelmäßiger Entwickelung und ohne Knöllchenbildung blüht und reift. Sie vertrage schwache Kalkungen in neutralem Boden, gehe aber beim Anbau auf einem gekalkten, sauren Boden ein.

Wer hat nun recht? — Wahrscheinlich alle, jeder in seiner Art. Je nach Konstellation der Wachstumsfaktoren hat wohl der gleiche Kalkgehalt für Lupine hier fördernd, dort hemmend gewirkt. Eine Empfindlichkeit, namentlich für frische Kalkung, scheint aber für gewisse Lupinensorten festzustehen, dieselbe soll ausgesprochener bei Zufuhr von Ätzkalk als von Mergel sein. Ähnlich wie über die Zufuhr von Kalk zu Lupinen, gehen auch die Meinungen über Mineraldüngung für Gründüngungspflanzen auseinander. Die Lupine, die im Forst zumeist angebaut worden ist, hat bekanntlich ein großes Vermögen, den Boden aufzuschließen[1]) und sich dabei die Bodenphosphorsäure zunutze zu machen, für die sie ziemlich hohen Bedarf hat (zirka 150 kg Entzug auf den Hektar). Trotzdem ist die Lupine wenig dankbar für eine Düngung durch eins der gebräuchlichen Phosphorsäuredüngemittel. Das Vermögen, das Bodenkali an sich zu reißen, ist dagegen weit weniger entwickelt. Da aber in feinerdigen Böden im allgemeinen von diesem Mineral durch Verwitterung reichliche Mengen frei werden,[2]) gilt auf besseren Böden eine Düngung von Phosphorsäure und Kali zu Gründüngungspflanzen für überflüssig. Auf ärmeren Böden wird man diese Zufuhr nicht immer umgehen können. Wer sicher gehen will, mache trotz der geringen Kosten für die Dünger einen Dungversuch, der im Pflanzgarten in seinen Resultaten ausgesprochener sein wird, als im freien Waldland. Nach vorliegenden Berichten[3]) wurden u. a. für den Hektar verwandt bzw. empfohlen im Mittel:

---

[1]) Daß Lupine selbst eisenschüssigen, verkitteten Sand zu durchdringen vermag, berichtet Schultz-Lupitz, Arb. d. Deutschen Landwirtsch.-Ges., Heft 7, S. 31, ebenso Vibrans, desgl., Heft 64, S. 163. Ob sie auch dünne Ortsteinlagen durchbricht?

[2]) Märcker, Arbeiten der Deutschen Landw.-Ges., Heft 17, S. 29.

[3]) Siehe Wendt, Ref. in der Vers. des Hess. Forst-Vereins, Hanau 1902, S. 4. Ramm, mündlich und „Über die Frage der Anwendbarkeit von Düngung im forstl. Betriebe", Stuttgart 1892. Schultz-Lupitz, Arbeiten d. Deutschen Landwirtsch.-Gesellsch., Heft 17, S. 166. Mayer, Düngerlehre, 5. Aufl., Heidelberg 1902, S. 251. Engler und Glutz a. a. O.

	Kainit	Thomasmehl	Kalk
für Lupine	600 kg	450 kg	—
„ Luzerne	600 „	500 „	1000 kg
„ Serradella	800 „	300 „	800 „
„ Erbsen	400 „	400 „	500 „

Für Erbsen empfiehlt Mayer[1]) auf den Hektar eine Zuführung von 50 kg Chili; dies darf nicht wundern, hier soll der Chili, als Kopfdünger der jungen Pflanze zum Antreiben gegeben, diese kräftigen, damit die Stickstoffassimilation rascher in Zug kommt.

Schweren Böden will Wendt[2]) statt Thomasmehl Superphosphat verabreichen lassen, während er auf kalkarmen Böden der Thomasschlacke den Vorzug gibt. Auch 40prozentiges Kalisalz soll nach ihm auf schwerem Boden mehr leisten als Kainit. Wesentlich ist, daß Thomasmehl und Kalisalze einige Zeit (vier bis sechs Wochen) vor der Saat in den Boden gebracht werden, wogegen Superphosphat unmittelbar vor der Saat gegeben werden kann. Bei Neuanlagen und wo es überhaupt möglich ist, erfolgt die Dungzufuhr am besten schon im Herbst, die Saat im kommenden Frühjahr.

Im Pflanzgarten[3]) streut man meist den Samen breitwürfig auf den gereinigten und gut gelockerten Boden und recht ihn ein unter Beobachtung der von Engler und Glutz (S. 75) gegebenen Bedeckungstiefen. Wer diese genauer einhalten will, wird Rillen ziehen; dies empfiehlt sich auch mehr wegen der Ausrottung des auftretenden Unkrautes. Große Samen steckt man mit der Hand. Schultz-Lupitz,[4]) eine Autorität auf dem Gebiete des Gründüngungswesens, dem ich hier vielfach folge, rät, möglichst selbstgeernteten Samen zu verwenden, um reiner und gesunder Saat und gegen Pilzeinschleppung sicher zu sein. Muß man Saatgut zur Frühjahrsaussaat kaufen, so soll man dies möglichst zeitig

---

1) Mayer, Düngerlehre, 5. Aufl., Heidelberg 1902, S. 251.

2) Wendt, Ref. i. d. Vers. d. Hess. Forst-Vereins, Hanau 1902, S. 9.

3) Für eine Anlage mit ständiger Gründüngung (für entlegene Kämpe besonders empfohlen) wird man $1/3$ bis $1/4$ mehr Raum nötig haben, je nachdem man bei kontinuierlichem Betrieb das dritte oder vierte Jahr mit der Gründüngungspflanze wieder auf die gleiche Fläche kommt. Zweckmäßig teilt man den Garten in drei bis vier Quartiere, von denen das eine stets für die Dungkultur frei bleibt. Diese Fläche würde dann im Herbst vor der Saat umgearbeitet und nötigenfalls Hilfsdünger dabei mit eingebracht werden.

4) Schultz-Lupitz, Arbeiten d. Deutschen Landw.-Ges., Heft 17, S. 166.

tun, weil man dann besser und billiger kauft und Gelegenheit hat, „während der kritischen Frühjahrsmonate die Gesunderhaltung des Saatgutes zu überwachen". Bestes, wenn auch teureres Saatgut ist immer wohlfeiler als billiges, aber schlechteres.

Das Korn der Serradella soll nach Zerschneiden der Hülse hellgelb, nicht rot oder rotbraun aussehen; letzteres läßt alten Samen vermuten.

Schultz-Lupitz hält weiter Gemengesaaten für besser als Reinsaaten. Die Mischung richte sich nach der Bodenwüchsigkeit der betreffenden Pflanze und der Notwendigkeit, je nach Wasservermögen des betreffenden Bodens größere oder kleinere Mengen an Tiefwurzlern (gelbe, weiße, blaue Lupine, Luzerne, Esparsette, Sandwicke etc.) zuzumischen. Kleine Vorversuche sind angebracht.[1])

Erntet man die Gründüngungspflanze nicht ab (Wildfütterung, Samengewinnung), so bringt man sie gewöhnlich zur Zeit der beginnenden Samenreife unter durch Abmähen, Niederwalzen oder Niedereggen und folgendes Einackern bzw. Einhacken. Wollny[2]) legt Wert darauf, daß die Erdbedeckung einen möglichst festen Schluß des Bodens hervorbringe zur Förderung der Wasserleitung. Neben vollkommener und tiefer Unterbringung soll deshalb besonders auf leichtem Boden für ein Zusammenpressen des Bodens mittelst einer schweren Walze (Festtreten im Pflanzgarten) Sorge getragen werden. Auch für Pflanzgärten hat dies Bedeutung, man wird die Gründüngungspflanze bei Saatbeeten weniger tief unterbringen als in Schulbeeten gleicher Verhältnisse, die tiefere Bewurzelung der Schulpflanzen macht dies nötig.

Das breitwürfige Aussäen des Holzartensamens gleichzeitig mit der Lupine in Freikultur — natürlich spielt dabei auch die Saatmenge eine Rolle — scheint wenigstens auf geringeren, trockenen Böden Bedenken zu haben, wahrscheinlich hält die Holzpflanze hier die Konkurrenz der Lupinen nicht aus (bestockter Boden verdunstet mehr).[3])

---

[1]) Vibrans, Arb. d. Deutsch. Landwirtsch.-Ges., Heft 64, S. 160, empfiehlt, „blaue, gelbe und weiße Lupine zu mischen, weil der gemischte Bestand freudiger gedeiht als die einzelne Spielart, und jede derselben auch ihre besonderen Feinde hat".

[2]) Wollny, Die Zersetz. d. org. Stoffe, Heidelberg 1897, S. 441.

[3]) Ich habe bei dem verstorbenen Forstmeister Lodemann in Bevensen eine Kiefern-Lupinensaat gesehen, die sich zunächst gut entwickelte, im Hochsommer aber dürr geworden war.

Die Zeit für das Unterbringen der Gründüngung ist im landwirtschaftlichen Lager noch etwas umstritten. Für forstliche Zwecke ist es wohl angebracht, dies erst nach vollständigem Ausreifen vorzunehmen, womit eine langsamere Zersetzung der organischen, verholzten Massen erreicht wird. Natürlich wird dann im Frühjahr eine Bodenbearbeitung die noch nicht zersetzten Stengel dem Boden belassen müssen. Ein Mittel, die Vegetationszeit zu verlängern und die Verholzung zu kräftigen, soll nach Lent[1]) darin bestehen, daß man die Lupine zum Beginn der Blütezeit (nötigenfalls wiederholt) köpft. Die Pflanze soll dann reichlich Seitentriebe entwickeln, stark buschig und holziger werden, als es für den Pflanzgarten im allgemeinen erwünscht ist.

Überwintern der Pflanze, um sie zur Erleichterung des Unterbringens der Frostwirkung auszusetzen, wird wegen Verlustes an organischer Masse und Stickstoff nicht empfohlen.[2]) Ein Stehenlassen der Stoppel allein soll nach von Thuemen[3]) der Vermehrung schädlicher Insekten Vorschub leisten. Da ein Umsturz des Bodens in beiden Fällen unterbliebe, würde man auch auf die Vorteile desselben verzichten. Aus Dehérain's[4]) Studien über den Eintritt der Salpeterbildung wird man ferner folgern müssen, daß eine vollkommene Wirkung der Gründüngung an ein Unterbringen der Pflanze im Spätherbst geknüpft ist; sie soll dann einer schwachen Stallmistdüngung gleichkommen und mehrere Jahre Wirkungsdauer haben. Zu warnen ist ebenso vor einem zu frühen Unterbringen der Gründüngungsmassen. Bässler[5]) fand, daß von denselben, Ende Juli untergebracht, „im Oktober nichts mehr zu finden war". Man muß ferner bedenken, daß die einer Lupinensaat folgende Kultur im allgemeinen erst nach dem Anwachsen befähigt ist, Nährstoffe zu Bauzwecken zu verwenden.

---

[1]) Lent, Deutsche Forst-Zeitung, Bd. 17, S. 9.

[2]) Wo es dagegen weniger auf Bodenlockerung ankommt, kann es wohl ratsam sein, zwischen die auf der Wurzel faulenden Stengel zu kultivieren (Freikultur).

[3]) von Thuemen, Deutsche Landwirtsch. Presse 1895, S. 616.
[4]) Dehérain, Annales agronomiques, T. 19., 1893, p. 305.
} Nach Wollny, Die Zersetz. d. org. Stoffe, 1897, S. 441.

[5]) Bässler, nach Vibrans, Arbeiten d. Deutsch. Landw.-Ges., Heft 64, S. 162.

Mit der Bestellung säume man besonders dann nicht,[1]) wenn die Pflanzbeete erst spät frei werden. Sind die Kulturarbeiten beendet, Verschulungen und Saaten fertig gestellt, so möge die nächste Zeit einer Bestellung der leeren Beete durch Gründüngungspflanzen gelten, damit eine Verunkrautung möglichst verhindert wird und die rechtzeitige Bodenbeschattung[2]) Vorteile gewährt. Aussaat bei feuchter, warmer Witterung begünstigt rasches Keimen; je länger dies ausbleibt, um so üppiger findet sich Unkraut ein. „Ein Tag Vorsprung im Juli bedeutet für den Erfolg (der Nachfrucht) mehr als zehn Tage im Oktober“ (Schultz-Lupitz).

Die Vegetationsdauer von Aussaat bis Fruchtansatz bzw. Samenreife ist natürlich von mancherlei Faktoren abhängig; durchschnittlich dürfte für deutsche landwirtschaftliche Verhältnisse etwa gelten:

Pflanze	Vegetationsdauer bis zur Mähreife Wochen	Vegetationsdauer bis zur Samenreife Wochen	Pflanze	Vegetationsdauer bis zur Mähreife Wochen
Ackerspörgel . .	7—8	10—12	Sandwicke . . .	6—8
Luzerne	8—10	12—16	Futtersenf . . .	8—10
Stachelginster . .	8—10	14—18	Buchweizen . .	8—12
Riesenspörgel . .	10—12	14—16	Linsenwicke . .	12—14
Hopfenluzerne . .	10—12	14—18	Gelb. Lupinen . }	
Bokharaklee. . .	12—14	18—22	Pferdebohnen . }	14—16
Sandluzerne . . .	13—15	17—20	Platterbse . . . }	
Esparsette . . .	14—16	16—20	Futtererbse . . . }	
Serradella . . .	16—18	22—25	Futterwicke . .	14—18
			Lupine, weiß, blau	15—20

[1]) Ein landwirtschaftlicher Praktiker, Rittergutsbesitzer Vibrans, Calvörde (Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges., Heft 64, S. 161), meint jedoch, daß es gegebenenfalls „fehlerhaft wäre, Lupinen als Zwischenfrucht vor Mitte Juni zu säen, da solche in der Regel der Lupinenfliege zum Opfer fallen. Aber noch fehlerhafter wäre es, Sandboden dem Sonnenbrande der eigentlichen Sommermonate auszusetzen, da dieser den wenigen darin enthaltenen Humus verkohlen und das Land völlig unfruchtbar machen würde.“ Nach Frank, Kampfbuch gegen die Schädlinge unserer Feldfrüchte, Berlin 1897, S. 256, wird die Lupinenfliege (Anthomyia funesta Kühn) besonders der keimenden Lupine in der Zeit etwa von Anfang Mai bis Mitte Juni gefährlich, früher oder später keimende Pflanzen leiden weniger. Die Flugzeit der Fliege wird auch lokal verschieden sein.

[2]) Für eine möglichst frühzeitige Bodendeckung spricht auch die Beobachtung (Forstdirektor Enders, Eisenach, Ber. ü. d. 28. Forstvers.

Für Schweizer Verhältnisse ergeben sich nach den Angaben von Engler und Glutz als Zeit zwischen Aussaat und Fruchtansatz für: Ackererbse und Wicke ca. 100, Lupine und Saubohne ca. 110, Serradella, Zwergbohne und Sandwicke ca. 115 Tage.

Hingewiesen sei hier noch darauf, daß die Leguminosen beim ersten Anbau häufig versagen. Unter sonst normalen Verhältnissen kann hier ein Mangel an gewissen Bodenbakterien, mit denen die Pflanze in Symbiose lebt,[1]) Ursache sein. Derartig angepaßte Bakterien zuzuführen, um den Ertrag zu steigern, versucht man durch die sogenannte „Bodenimpfung“. Nach häufigen Mißerfolgen hat Hiltner[2]) neuerdings ein Verfahren gefunden, nach dem er 83 % günstige Ergebnisse erhielt. Während ehedem die zugeführten Bakterien zugrunde gingen, bevor sie sich wirksam erweisen konnten, erzielte man obiges Resultat, indem man „der Impfflüssigkeit, mit der die Samen vor der Aussaat zu benetzen sind — am besten eignet sich hierzu Milch —, vor Hinzufügen der Bakterien Pepton und Traubenzucker zusetzte“. (Impfflüssigkeit und Anweisung zur Anwendung ist zurzeit zu beziehen durch die Kgl. Bayerische Agrikulturbotanische Anstalt, München, Osterwaldstr. 9f.) Bei Mangel an Reinkulturen kann man eine Impfung auch derart bewirken, daß man die Anbaufläche mit Erde bestreut, die auf Krumentiefe einem Boden entnommen ist, der sich für die gleiche Leguminosenart bereits ertragsfähig erwies. Nach Hiltner[3]) genügen auf den Hektar ungefähr 100 kg davon. Der Erfolg wird natürlich um so sicherer sein, je mehr man infizierte Erde verwendet. So empfiehlt Müller,[4]) 1000 bis 2000 kg Impferde auf den Hektar von einem Felde zu verwenden, auf dem kurz vorher die betreffende Leguminose in guter Entwicklung stand. Ausstreuen und gehöriges Eineggen soll erfolgen, bevor die Impferde trocken geworden ist. Ein

Thür. Forstw., Koburg 1901, S. 50), „daß das Maikäferweibchen beim Absuchen des Geländes nach geeigneten Brutstätten die vorwachsenden bodenbeschattenden Holz- und Kleepflanzen meidet und seine Eier lieber auf mehr freien Flächen ablegt“.

[1]) Die Leguminose nutzt unter normalen Verhältnissen für ihren Bedarf an Stickstoff die Tätigkeit der atmosphärischen Stickstoff sammelnden Bakterie. Sie verzehrt dabei nach neuesten Ansichten weder diese, noch deren Bakterioiden, sondern verwendet lediglich ein durch die Bakterioiden beständig gebildetes eigentümliches Plasma.

[2]) Hiltner, Arbeiten d. Deutsch. Landw.-Ges., Heft 98, S. 67.

[3]) Hiltner, Forstl. naturwissensch. Zeitschr. 1897, S. 35.

[4]) Müller, Wolffs Düngerlehre, 14. Aufl., Berlin 1904, S. 149.

Mißerfolg schrecke nicht ab, oft gibt erst wiederholte Anwendung Erfolg.

Die kaufmännisch betriebenen Pflanzenzüchtereien gebrauchen eine Gründüngung nur selten, meist wohl wegen der damit verbundenen Beschränkung der Bewegungsfreiheit und der Ausnutzung des Geländes.

Für den Anbau der einjährigen Gründüngungspflanzen im freien Lande gelten die gleichen Regeln wie im Pflanzgarten. Zweckmäßig stößt man den Boden bereits im Herbste um, wobei eventuell die Düngermengen unterzubringen sind. Nach oberflächlicher Bearbeitung im folgenden Frühjahr (man achte dabei auf Entfernung der Quecke), schreitet man zur Saat.

Über ein Verfahren, Kiefern in Lupinensaat zu pflanzen, berichtet Guse[1]) folgendes: Im Herbst gehackte Streifen werden im Frühjahre sämtlich mit Lupine bestellt und darauf mit einjährigen Kiefern bepflanzt. Erfolg vorzüglich, Kosten (1885!):

Graben von Streifen in einer Entfernung von 1,5 m von Mitte zu Mitte, 0,75 m breit, 0,30 m tief, im Akkord, für 1 Hektar 28,00 M. = für die ganze Kulturfläche von $1^1/_2$ ha		42,00 M.
Ebnen der Streifen im Frühjahr, Besäen mit 1 hl Lupinen, Bepflanzen mit 270 Hundert Kiefern-Doppelpflanzen (mit dem Klemmspaten) und 260 St. dreijährigen Lärchen im Tagelohn:		
$70^1/_2$ Tage à 0,50 M. (!) =	35,25 M.	
$6^1/_2$ Tage à 0,40 M. =	2,60 „	= 37,85 „
Anfuhr der Pflanzen		2,00 „
1 hl Lupinen		8,00 „
		89,85 M.

d. i. rund 60,00 M. auf 1 Hektar, während man in demselben Revier die Pflanzung auf gegrabenen Plätzen in 1,3 m □ Verband für 30,00 M. auf 1 Hektar ausführt. Guse bemerkt dazu, daß sich unter schwierigeren Bodenverhältnissen die Kosten für Bodenbearbeitung erhöhen.

Lupinenvorbau, allein oder in einer landwirtschaftlichen Fruchtfolge, wird besonders in Aufforstungsgebieten häufig gehandhabt.[2])

---

[1]) Guse, Zeitschr. f. Forst- und Jagdw. 1885, S. 245.

[2]) Siehe u. a. Jentsch, Forstwissensch. Centr.-Bl. 1901, S. 225. Lent, Deutsche Forst-Zeitung, Bd. 17, S. 1. Matthes, Allg. Forst- u. Jagdzeitung 1902, S. 18

Soweit Angaben darüber vorliegen, handelt es sich hier bei einjährigen Pflanzen meist um gelbe Lupine, bei mehrjährigen um Esparsette, Schwedenklee, perennierende Lupine und Besenpfriem. Die letzteren wirken gleichzeitig als Bodenschutz wie die Akazie, die Rot- und die Weißerle.

Esparsette hat sich nach Enders und Matthes[1]) bei Aufforstung von Kalködungen bewährt, teilweise hat man Schwedenklee dazu eingemischt. Auf eine perennierende Lupine (Lupinus polyphyllus Dougl.) als Mittel, die Nadelholzkulturen vor dem Maikäfer zu schützen, zwischen Eichenkulturen auf geringen (!) Böden den Hauptbestand zu fördern und nebenbei Wildfutter zu geben, hat wohl zuerst Graf von Mirbach-Sorquitten[2]) hingewiesen. Die daraufhin in den Eberswalder Lehrrevieren angestellten Versuche haben jedoch die Erwartungen nicht befriedigt. Nach May[2]) und Laspeyres[2]) paßt jene Sorte nur für frische Sand- und Lehmböden, Freilagen hindern das Gedeihen, nötig sei Schutz gegen Wild, das sie anlocke. Sofern der Maikäferlarve aber Lupinenwurzeln in Fülle geboten würden, erscheine es möglich, sie vom Fraße an den Wurzeln der Holzpflanzen abzuhalten. Auf geringen Böden kümmernd und vom Unkraut bedrängt, unterdrücke sie dasselbe auf zusagenden Böden und gedeihe üppig, wobei sie jüngeren Pflanzungen gefährlich werden könne. Erfolg im Zwischenbau bei Eichen war nicht zu konstatieren.[3]) Auch in Baden sind Versuche mit jener Lupine angestellt worden. So hat man sie beispielsweise 1896 in einem ehemaligen Pflanzgarten des Reviers

---

[1]) Enders, Ber. ü. d. 28.-Vers. Thür. Forstwirte in Koburg 1901, S. 50. Matthes, ebendort und Allgem. Forst- und Jagdzeitung 1902, S. 47.

[2]) Siehe May, Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen 1893, S. 151. Laspeyres, ebendort 1898, S. 115.

[3]) Über die Verwendung des aufgespeicherten Stickstoffs erscheinen Mays Angaben verbesserungsbedürftig. May bemerkt, daß die perennierende Lupine „die Nährstoffe des Bodens sowie der Luft nur zum eigenen Aufbau verwende", die im Herbst umbrechenden Stengel nur wenig düngende Masse lieferten. Herrn Professor Dr. Holdefleiß-Halle verdanke ich dagegen die Mitteilung, daß selbst ausdauernde Lupinen den Boden mit Stickstoff bereichern. Auch nach Ausbildung der Samen, wobei bekanntlich der größte Teil des Knöllcheninhaltes zur Verwendung gelangt, bleibt ein Teil des Stickstoffvorrats in den Knöllchen zurück und verfällt der Verwesung, da sich die Knöllchen jedes Jahr neu bilden.

Langensteinbach auf kalkhaltigem Lehm zwischen ungefähr zehnjährige Carya, die stark unter Mäusen litt, reihenweise eingebracht. Heute, nach eingetretenem Schluß, schlagen nur noch die Außenreihen aus, die Mäuse sind weggeblieben, die Lupine hat nach Aussagen des Revierverwalters, Oberförsters Freiherr v. Schweikhard, Gutes geleistet. Auch danebenstehende jüngere Juglans nigra erschienen genanntem Herrn wie mir durch die Lupine an solchen Stellen begünstigt, wo sie sich freiwillig zwischen die Reihen verpflanzt hatte; exakte Versuche waren nicht beabsichtigt. Die Beobachtung hat aber weiter Veranlassung gegeben, die perennierende Lupine auch zwischen Eichenloden einzubringen.

Forstmeister Koch-Heilbronn berichtet 1902 über einen Versuch mit perennierender Lupine (Lupinus perennis L., L. variegatus Poir.) auf sandigem Tonboden des Reviers Dankoltsweiler: In einer vor zehn Jahren (1892) aufgegebenen Pflanzschule blieben damals vierjährige, 1 : 1 m verschulte Fichten stehen, die Fläche wurde geteilt, zur Hälfte sich belassen, zur Hälfte Lupine zwischen die Reihen gesät. Erfolg:

	Maximum	Mittelhöhe
mit Lupinen	2,0 m	1,50 m,
ohne Lupinen	1,0 m	0,8 m,

hier hellere, kürzere, dort dunkelgrüne, frische Nadeln. Koch warnt vor zu dichter Saat, die sonst noch sechs- bis achtjährige Fichten verdämmt[1]) und ein Köpfen der Lupine mit dem Stock oder ein Herausschneiden nötig machen kann (Kraut liefert nützliche Einlage in Komposthaufen). Die natürliche Verjüngung fand selbst auf berastem Boden statt, die Pflanze bedarf keiner gründlichen Bodenbearbeitung und gedieh auf ganz geringen Sandböden. „Die wünschenswerte leichte Bodenlockerung vor der Aussaat wird ein Arbeiter auf 1,2 m voneinander entfernten Streifen wohl leicht in zwei Tagen auf 0,3 ha ausführen können. Für diese Fläche genügen bei einer Entfernung der einzelnen Körner von durchschnittlich 3 cm 2 kg Samen, von dem 100 Körner 2,23 g wiegen. Er ist im Handel um 25 bis 30 Pf. für das Kilo zu haben und kann schon im zweiten Jahre von den erzogenen Pflanzen selbst gesammelt werden. Die im Frühjahr erfolgende Aussaat besorgt der Forstschutzdiener, alles Weitere die Natur.“ Der Wildverbiß ist gering,

[1]) Ob sich für derartige Pflanzungen ein weiterer Verband empfehlen dürfte?

gegen Frost ist die Pflanze ziemlich hart. Privatim teilt mir der genannte Forstmann gütigst weiter mit, daß die günstigen Erfolge Veranlassung gaben, in den Revieren Ellwangen und Dankoltsweiler (Goldshöfer (Stuben-) Sand) später die perennierende Lupine ziemlich allgemein auf Kahlschlägen zwischen die Pflanzreihen einzusäen. Er ist ferner überzeugt, daß man mindestens auf lockeren Böden durch die Lupinenbeisaat ein Mittel an der Hand hat, auf eine Reihe von Jahren (15 bis 20) günstig auf den Holzwuchs einzuwirken, und daß man diese Lupine bei Aufforstung von verlassenen Pflanzschulen und Äckern überall empfehlen kann; gedüngt wurde nirgends. Jedenfalls aber sollte dieser Bericht anregen, unter gegebenen Verhältnissen gleiches zu versuchen. Ein Mißerfolg schrecke nicht ab, eine augenfällige Wirkung der Zwischensaat wird man überhaupt in den ersten drei Jahren nicht erwarten dürfen.[1])

Besenpfriem (Spartium scoparium) ist als Bodenschutzholz und Wildfutter häufig in forstliche Kulturen eingebracht worden (als Stickstoffsammler wurde er erst spät erkannt), aber man ist ebenso oft genötigt gewesen, ihn als verdämmendes Unkraut unschädlich zu machen. Eine Düngung wird meist nicht gegeben, doch gelingt die Saat nicht immer, auf gebranntem Boden stellt sich der Besenpfriem hierzuland häufig von selbst ein.[2]) In Frankreich benutzt man Spartium scoparium in Mischung mit Pinus pinaster zur Saat auf Dünensandflächen.[3]) Ein Versuch von Reuß[4],) der den Besenpfriem als Amme (?) der Fichte empfiehlt, sei noch mitgeteilt: 1894 wurden zwischen eine voll mit Ginster besäte Fläche gleichzeitig vierjährige verschulte Fichten angepflanzt, die sich vom

---

[1]) Inzwischen habe ich eine weitere Nachricht über den Erfolg einer gleichzeitigen Einsaat von perennierender Lupine zu Eicheln von Herrn Forstmeister Greve, Ebstorf in der Lüneburger Heide, erhalten, der mir über seine 1899 angelegten Düngungsflächen schreibt: „In den verschiedenen Probeflächen ist nun bis jetzt im Eichenwuchs gar kein Unterschied, nur die Fläche mit perennierender Lupine hat Eichen, die doppelt, ja dreifach so hoch sind wie auf den anderen Flächen.“ Auch Greve empfiehlt Fortsetzung der Versuche.

[2]) Nach Mitt. d. Herrn Professor Dr. U. Müller, Karlsruhe.

[3]) Matthes, Ber. über die 28. Vers. Thür. Forstwirte, Koburg 1901, S. 32.

[4]) Reuß, Weißkirchener forstl. Blätter 1903, 2. Heft. Ref. von v. Fürst, Forstwissensch. Zentr.-Bl. 1904, S. 183.

vierten Jahre ab üppiger als die der Vergleichsfläche entwickelten. Befunde 1902:

	Höhe:	Mittel:	Durchschnittliche Wuchsleistung:
mit Pfriemen	80—270 cm	156 cm	14 cm pro Jahr
ohne Pfriemen	30—160 cm	102 cm	8 cm „ „

Eine Düngung scheint auch hier nicht gegeben worden zu sein.

Die Akazie ist als bodenverbessernd im forstlichen Betriebe schon lange bekannt, lange bevor ihre Fähigkeit, den atmosphärischen Stickstoff zu binden, nachgewiesen wurde. Einer privaten Mitteilung zufolge machte Oberförster Freiherr von Thannhausen, Ellwangen, vor etwa 20 Jahren die Beobachtung, daß natürlich angesamter Akazienanflug in einer ausgebauten Saatschule die angebauten Fichten außerordentlich hob. Nach zehn Jahren fröhlichen Wachtums zog er die Akazie allmählich heraus, „jetzt nach 24 Jahren bilden die Fichten ein üppiges Stangenholz, das vor zwei Jahren erstmals durchforstet wurde, und dem niemand mehr ansieht, daß es auf einer total ausgebauten Pflanzschule begründet wurde“. Auch zwischen zwölfjährige, gepflanzte Tannen auf abgeholztem Liasboden stellte sich von benachbarten alten Akazien Anflug ein, die Tannen zeigten darauf „einen viel fröhlicheren Wuchs und üppigeres Gedeihen als ihre unter gleichen Verhältnissen und zu gleicher Zeit gepflanzten, aber von den alten Akazien weiter entfernten Schwestern“.

Matthes[1]) beobachtete auf Plätzen, wo Akazienreisig verwest war, besseren Wuchs an Fichten. Er gibt über eine sechsjährige Fichtenkultur auf einer Fläche, wo vorher Akazien gestanden und zum Teil Wurzelausschlag gebildet hatten, folgende Zahlen:

	Mittelhöhe:	Unterer Durchmesser:	Untere Kronenbreite:
Akazienfläche	3,5 m	6 cm	1,0 m
Umgebende Fläche (mit Buchenmoder angebaut)	1,4 m	3 cm	?

Matthes berichtet ferner am gleichen Ort von einer gemischten Saat, wie sie für Heideaufforstung trockener, sandiger Partien im hannoverschen Provinzialforst gebräuchlich ist. Man verwendet dort als Saatquantum auf den Hektar auf gepflügten Streifen: (4,6 m breit, 1,4 m Balken) 1 kg Akazie, $1^1/_2$ kg

[1]) Matthes, Ber. ü. d. 28. Vers. Thür. Forstwirte, Koburg 1901, S. 34.

Fichte, 4 kg gemeine Kiefer. Nach Unterlagen, die ich Herrn Landesforstrat Quaet-Faslem verdanke, hat man ferner am gleichen Ort die Akazie auch probeweise zusammen mit Kiefer, Lärche, Birke und Weißerle als Schutz- und Treibholz gleichzeitig zwischen Eichelreihensaat eingebracht.[1]) Hiltner[2]) rühmt besonders die ungemein starke Nachwirkung der als Gründüngung im Frühjahr gesäten und im Herbst untergebrachten Akazie, er möchte sie für jene Böden empfehlen, „auf denen eine Gründüngung deswegen wenig Erfolge gibt, weil die Zersetzung nach der Unterbringung sich so rasch vollzieht, daß Sommerfrüchte nicht mehr viel von den Produkten vorfinden“. Diese Fähigkeit einer kräftigen Nachwirkung scheint die Akazie für den Anbau im forstlichen Betriebe auch als Gründünger geeignet zu machen. Weniger die Begründung als die spätere Behandlung der Akazienzwischenstreifen verlangt sorgsame Beobachtung, soll die Hauptkultur durch die raschwüchsige Akazie nicht Schaden leiden.[3]) Auf zusagenden Böden (besonders als Stummelpflanzung) verdämmt die Robinie leicht; sie auf den Stock zu setzen, ist kaum ratsam, weil dann die Wurzeln sehr stark ausschlagen, auch ein Herausziehen will dem Arbeiter nicht behagen; doch soll nach Beobachtungen des Herrn Oberförsters Krutina,[4]) Heidelberg, die Akazie allmählich absterben, wenn man sie köpft, so hoch es eben geht. Inwieweit man die Wirkung des Verdämmens durch einen größeren Verband beschränken kann, bleibt zu erwägen.

Nach Hiltner[5]) bilden die Wurzelknöllchen der Robinie eine Art von Jahresringen. Ihre fördernde Wirkung auf das Wachstum benachbarter Pflanzen — und das gilt auch für die folgende Erle — ist in den Ursachen noch nicht sicher erkannt. „Ich (Hiltner) habe nur in dieser Beziehung die Vermutung ausgesprochen, daß die Förderung nicht etwa zurückzuführen ist auf Stoffe, die durch Entleerung der Knöllchen in den Boden gelangen,

---

[1]) Über Akazienbau siehe auch Zeitschr. f. Forst- u. Jagdw. 1900, S. 744.

[2]) Hiltner, Arbeiten d. Deutschen Landwirtsch.-Ges., Heft 98, S. 71.

[3]) Die Robinie geht nach Weise (Mündener forstl. Hefte 1897, 12. Heft, S. 8) mit ihren Wurzeln weit über den Kronenraum hinaus!

[4]) Krutina, private Mitteilung.

[5]) Hiltner, private Mitteilung.

sondern darauf, daß im Boden zwischen derartigen Pflanzen jedenfalls eine unter Umständen sehr lebhafte Stickstoffsammlung vor sich geht."

Rot- und Weißerle haben auf entsprechenden Böden zum Voranbau und Bodenschutz häufig Verwendung gefunden. Als Stickstoffsammler ist die Roterle von Nobbe und Hiltner[1]) erkannt worden. Die Weißerle zeigt nach Hempel und Wilhelm[2]) die gleichen Pilzkammern, Zahlenmäßiges über das Stickstoffsammlungsvermögen steht aber noch aus. Nach Hiltner[3]) sterben die Erlenknöllchen nicht ab, sondern zeigen jährlichen Zuwachs.

Der Kalk.

Wie bereits in einer Anmerkung, Seite 25, gesagt, nimmt der Kalk unter den gebräuchlichen Düngemitteln eine Sonderstellung ein. Seltener wird er zur Ergänzung des Nährstoffvorrats zugeführt, meist vielmehr aus der Beobachtung heraus, daß eine Kalkzufuhr ertragsteigernd wirkt auch da, wo die Pflanze offenbar keinen Mangel an diesem Mineral hat. Kalk wirkt indirekt die Vegetation begünstigend, man bezeichnet ihn daher als indirektes Düngemittel. Als solches befördert er in erster Linie die Überführung ungelöster Pflanzennährstoffe in aufnehmbare Form. Der Kalk tritt z. B. in die im Boden vorhandenen wasserhaltigen Silikate ein und verdrängt daraus die Alkalien Kali und Natron, die dadurch für die Pflanzenwurzeln leichter verfügbar werden. Durch jene Wechselwirkung aber bekommen die Bodenlösungen eine veränderte Zusammensetzung und bespülen nun die Bodenteile mit Stoffen, die sonst vielleicht lokalisiert geblieben wären, gelöst aber zu weiteren, für die Ernährung der Pflanzen wichtigen Umsetzungen nach Gesetzen der Massenwirkung usw. führen können.

Doch nicht allein anorganisch, auch organisch gebundene Nährmineralien, wie in den humosen Stoffen, setzt Kalk im Boden um.

---

[1]) Nobbe und Hiltner, Landw. Vers.-Stationen, Bd. 41, 1892, S. 138; Bd. 46, 1896, S. 153, Naturwiss. Zeitschrift f. Land.- u. Forstwirtsch. 1904, S. 366.

[2]) Hempel und Wilhelm, Die Bäume und Sträucher des Waldes, Wien, 2. Abteil., S. 16.

[3]) Hiltner, private Mitteilung.

Indem er hier die Lebensbedingungen gewisser niederer Organismen begünstigt, beschleunigt er mittelbar die Zersetzung der organischen Stoffe und erwärmt den Boden. Freie Säuren und saure Salze des Bodens werden abgestumpft bzw. neutralisiert, schädigende Oxydulsalze des Eisens zerlegt, strenge, zu bindige Ton- und Lehmböden werden durch Kalkbeigabe gelockert, sandige Böden (besonders durch Tonmergel) bindiger und wasserhaltender gemacht. Kalk verhindert Raseneisen-, Brauneisen- und Ortsteinbildung; wo solche besteht, wird Kalk unter anderem als Heilmittel empfohlen.[1]) Auch gegen saure Bodenflora (Heidelbeere, Preißel-

[1]) Dieser letzte Punkt bedarf noch mancher Aufklärung. Soviel man speziell von Humussäuren jetzt weiß, werden sie durch Kalk ausgefällt (Ausnahme: Krensäure). So könnte unter gewissen Bedingungen sogar eine Vermehrung der Ortsteineinlagerung stattfinden, während Kalk diese mindern soll. Die Wirkung des Kalkes auf organische Stoffe besteht wohl zunächst darin, daß er durch Neutralisation vorhandener bzw. entstehender Säuren das Arbeitsfeld der Mikroorganismen bestellt. Oberhalb einer ortsteinähnlichen Ablagerung herrscht aber gewöhnlich Mangel an Sauerstoff, so daß die Mikroorganismen, deren Tätigkeit durch Sauerstoffgegenwart wesentlich gefördert wird, in ihrer Arbeit trotz Kalk behindert erscheinen. Nach eventueller Umsetzung einer auflagernden Rohhumusschicht könnte wohl die Luftzufuhr lebhafter werden; ob sie aber ohne Bodenlockerung bis zur Tiefe der Ortsteinlage entsprechend wirksam ist, erscheint fraglich. Hier ist ein Sandboden aus dem Forstbezirk St. Leon untersucht worden, der in einer Tiefe von 45 cm an eine Kalkeinlagerung mit einem Gehalt von 27,68 % CaO bei 20,99 % CO_2 und 2,51 % Humus enthielt. Der Boden war sonst gesund, zeigte also eine normale Humusdecke. Die Verteilung der Kohlesubstanz nach Reduktion im Rose'schen Tiegel durch Wasserstoff war eine gleichmäßige. Der reichliche Kalkvorrat hatte also nicht die Zerstörung der hier vorliegenden organischen Substanz selbst im gesunden, offenen Boden bewirkt. Dagegen berichtet Schultz-Lupitz, Zwischenfruchtbau auf leichtem Boden, Berlin 1901, S. 28, daß eine von 30 bis 55 cm Tiefe im Boden anstehende, eisenverkittete Sandkiesschicht (die stets auch Anreicherung an humosen Teilen zeigen) durch Mergelung an Festigkeit verlor und alsdann den Pflanzenwurzeln das Eindringen gestattete. Ferner behandelte nach einer privaten Mitteilung des Herrn Professor Dr. Jentsch, Münden, der bekannte holländische Forstmann van Schermbeek, Wageningen, im Mastbosch, Jagen 20b, eine auf 50 cm anstehende Ortsteinschicht nach Entfernung der lebenden Bodendecke mit Erfolg durch Zufuhr von Straßenkompost, so daß nach drei Jahren der Bodenmeisel ohne Belastung eindrang, während vorher eine Belastung von 48 kg nötig gewesen war.

beere, Heide, Sphagneen usw.) ist Kalkzufuhr erprobt worden, die Versuche damit haben jedoch nicht allgemein befriedigt.[1])

Die physikalisch und bakteriologisch günstigen Einwirkungen des Kalkes lassen die Frage entstehen, inwieweit Kalk eine rein mechanische Bodenlockerung durch Hand oder Maschine zu ersetzen bzw. zu unterstützen vermag. Daß dies in gewissem Grade möglich ist, unterliegt keinem Zweifel.[2]) Kalk, besonders der Ätzkalk, der hier zu wählen wäre, verlangt, um die höchste Wirkung entfalten zu können, bei feinstem Korn und größtmöglicher Verteilung so wie so ein Unterbringen an seinem Arbeitsplatze, womit natürlich eine mechanische Lockerung des Bodens verbunden ist.

So kann Kalk mannigfach die Bodentätigkeit fördern, abhängig bleibt natürlich auch dabei seine Wirkung von den

---

[1]) Vgl. Ramann, Bodenkunde u. Standortslehre, Berlin 1893, S. 314. Paul, Ber. ü. d. Arbeiten d. Bayr. Moorkultur-Anstalt 1903, zit. nach Ref. Naturwiss. Zeitschr. f. Land- und Forstwirtschaft 1904, S. 455. Gräbner, Handbuch d. Heidekultur 1904, S. 5. Weber, Jahresber. Männer v. Morgenstern 1900, zit. nach vorig. Erdmann, Allg. Forst- und Jagdzeitung 1902, S. 204. Verfasser beobachtete, daß nach Einhacken von 4000 kg 90prozentigen Ätzkalkes auf 1 ha (lehmiger Buntsandstein) die vorhandene Heidelbeere weiter vegetierte, augenscheinlich ohne Schaden.

[2]) So berichtet Vater (Ber. ü. d. 48. Vers. d. Sächs. Forstvereins 1904, S. 96): „Während z. B. auf einigen Böden in Seeland nach dem Umpflügen des Trockentorfs dieser während vier Jahren noch im ganzen zehnmal mit der Rollegge bearbeitet werden muß, falls die Bodengare ohne Kalkung erreicht werden soll, genügt es, die Rollegge ein paarmal darüber zu führen, wenn eine entsprechend große Kalkung angewandt wird.“ Ferner beobachtete Caron (Jahrb. d. Deutschen Landwirtsch.-Ges. 1900, S. 54) auf schwerem Boden, daß die Kalkwirkung durch Drainage ersetzt werden kann. Er hatte mit Kalk „seit einer Reihe von Jahren“ auf drainiertem Boden keinen Erfolg, während derselbe bei der Nachbargemeinde auf ganz ähnlichem, undrainiertem Boden sich unzweifelhaft feststellen ließ. Hilgard, Forschungen der Agrikult.-Physik, Bd. 2, S. 441, beobachtete ferner, daß Ton, der nach dem Trocknen steinhart wurde, bei Zusatz von 1% Ätzkalk locker und mürbe blieb. Siehe auch Ramann, Forstl. Bodenkunde. Berlin 1893, S. 57. Dem kohlensauren Kalke scheint diese Eigenschaft abzugehen. Nach Maercker „gibt es z. B. Tonbodenarten, die bis zu 20% kohlensauren Kalk enthalten und trotzdem eine ungeheuer schwere, strenge mechanische Beschaffenheit besitzen und der Milderung durch Kalkgaben in höchstem Grade bedürftig sind“. Siehe Jahrb. d. Deutsch. Landw.-Ges. 1899, S. 187.

sonstigen Vegetationsfaktoren, wobei an die Durchlüftung hohe Ansprüche gestellt werden.

Die Absorption des Kalkes im Boden ist eine verhältnismäßig geringe, bedeutend infolge davon die Auswaschung.[1]) Auf eine Mehrzufuhr ist auch aus dem Grunde Bedacht zu nehmen, weil ein Vorrat an Kalk über das Nährstoffbedürfnis hinaus die Vegetation außerordentlich begünstigt. Kalk ist überhaupt, wie ich bereits früher einmal hervorgehoben habe,[2]) zur Walddüngung im hervorragendsten Maße geeignet.

Die einzubringenden Mengen Kalk werden je nach Standort und Wirtschaftsziel verschieden sein (1000 bis 3000 kg Ätzkalk oder entsprechende Mengen kohlensauren Kalkes, oder Mergels auf den Hektar.[3]) Vor Anwendung zu großer Mengen ist zu warnen; eine gesteigerte Umsetzung des Humusvorrates, eine starke Dislozierung absorptiv gebundener Nährmineralien, die, durch Kalk verdrängt, teils verwaschen, teils in schwerlösliche Formen übergeführt werden (Ausmergeln), kann Nachteile bringen. Ein Anätzen der feinen Faserwurzeln habe ich bei Mengen bis 4000 kg Ätzkalk auf 1 Hektar (Lehmboden) nicht beobachten können.[4]) Auf sauren Böden (Hochmoor) sind dagegen nach starken Kalkungen Mindererträge erzielt worden; wie dies kommt, weiß man noch nicht recht.

Als Materialien für eine Kalkdüngung kommen in erster Linie gebrannter und kohlensaurer Kalk in Frage, jener in gemahlener

---

[1]) Daß selbst Kalkfelsen auf 2 bis 3 Fuß Tiefe sich völlig an Kalk verarmt zeigten, erwähnt Braungart, Die Wissenschaft in der Bodenkunde, Berlin und Leipzig 1876, S. 221. Councler, Zeitschr. f. Forst.- u. Jagdwesen 1883, S. 126, untersuchte einen Wellenkalkboden des Lohra'er Reviers in vier verschiedenen Schichten einschließlich des Grundgesteins. Nach der Tiefe zu fortschreitend fand er folgenden Kalkgehalt: 1,14 %, 1,16 %, 1,16 %, 52,98 %. Der Kohlensäuregehalt betrug in gleicher Folge: 0,14 %, 0,58 %, 1,11 %, 41,74 % und zeigte, wie der Kalk in den obersten Schichten zumeist nicht mehr an Kohlensäure (sondern an Kieselsäure) gebunden vorhanden war.

[2]) Helbig, Forstwissensch. Zentr.-Bl. 1902, S. 130.

[3]) Beispielsweise würden 1500 kg 100 prozentigen Ätzkalks nötig sein, um in einer 10 cm starken Bodenschicht bei einem angenommenen Volumengewicht von 1,5 den Kalkgehalt um 0,1 % zu erhöhen.

[4]) Forstmeister Sellheim, Münden, teilt mir mit, daß 5000 kg gelöschten Ätzkalks auf 1 Hektar, probeweise über einjährigen Buchenaufschlag gestreut, von diesem ohne Schaden ertragen wurden.

oder „gelöschter“ Form, dieser in Form von Mergel oder gemahlenem Kalkstein; in zweiter Linie stehen gewisse kalkhaltige Abfallstoffe.

Gebrannter Kalk (CaO),

auch Ätzkalk oder Stückkalk genannt, ist die gehaltreichste Form und enthält als Handelsprodukt 90 bis 95 % Kalkerde oder wirksamen Kalkes.[1]) Dieser letztere wird durch „Brennen“ des natürlichen kohlensauren Kalkes gewonnen, welcher bei diesem Prozeß die Kohlensäure verliert. Je reiner der Kalk ist (Weiß- oder Fettkalk), um so mehr eignet er sich zu Dungzwecken. Als Verunreinigung ist neben Ton, Eisen, Alkalien auch der Gehalt an hydratischer Kieselsäure (Wasserkalk) beachtenswert; übersteigt dieser 2 %, so verleiht er nach König[2]) dem Kalk hydraulische Eigenschaften; zur Düngung verwandt, könnte dadurch eine Zementierung von Bodenaggregaten hervorgerufen werden. Früher wertete man auch die sogenannten Grau- oder dolomitischen Kalke etwas geringer. Diese enthalten gebrannt neben 50 bis 60 % Ätzkalk noch 30 bis 40 % Magnesia (MgO), die nach Versuchen von Kellner und Köhler[3]) den gleichen Dungwert als der Ätzkalk besitzen, nur weniger intensiv, aber nachhaltiger als dieser wirken sollen.

Die wirksamste Kalkform stellt der Ätzkalk (CaO) dar, meist „löscht“[4]) man ihn jedoch vor der Verwendung an Ort und Stelle

---

[1]) Als wirksamen Kalk bezeichnet man den Gehalt eines Kalkdüngemittels an Ätzkalk (CaO). Diese Modifikation findet sich im gebrannten Kalk bis zu 95 %. Im „Kalkstein“, wie er in der Natur vorkommt, und im Mergel ist die Kalkerde noch durch Kohlensäure beschwert, so daß kohlensaurer Kalk ($CaCO_3$) im günstigsten Falle, das heißt chemisch rein, 56 % Kalkerde enthalten könnte. Solche Sorten kommen natürlich für Dungzwecke nicht in Frage; immerhin werden Mergel angeboten mit 90 % kohlensaurem Kalk, das sind $\left(\frac{90 \times 56}{100}\right) = 50{,}4$ kg Kalkerde. Auch Kalkdüngemittel sind nur nach garantiertem Gehalt an Ätzkalk zu kaufen.

[2]) König, Unters. landwirtsch. u. gewerbl. wichtiger Produkte. Berlin 1898, 2. Aufl., S. 100.

[3]) Kellner und Köhler, Über den Düngewert des Graukalkes, Sächs. Landw. Zeitschrift 1895, Nr. 24. Über ein gewisses Verhältnis zwischen Kalk und Magnesia im Bodenvorrat, welches die Fruchtbarkeit begünstigen soll, s. S. 61 u. 62, Anm. 1.

[4]) Empfehlenswerte Methoden des Löschens sind folgende: Der Ätzkalk wird in kleinen Haufen über die entsprechende Fläche

und erlangt dabei durch Wasseraufnahme die streubare Form des Kalkhydrates oder des gelöschten Kalkes $\left(Ca{OH \atop OH}\right)$. Für diesen ist feinste Verteilung im Boden auch deshalb zu empfehlen, weil er eine ausgesprochene Neigung besitzt, sich mit Kohlensäure der Luft und des Bodens zu verbinden und wieder in die weniger energisch wirksame Form des kohlensauren Kalkes überzugehen, die ihm vor dem Brennen eigen war. Auf schweren, kalten, sauren Böden wirkt der gebrannte Kalk besonders günstig; fein gemahlen, verwendet man ihn am besten im Herbst. Auf leichteren Böden wird man Ätzkalk natürlich in geringeren Mengen zuführen und ihn, wie auch den gelöschten Kalk, nach dem Ausstreuen (bei trockener Witterung!), einige Zeit vor dem Einhacken liegen lassen. Diese Maßnahme stumpft die heftige Wirkung wesentlich ab; man kann diese weiter mindern durch Teilung der aufzubringenden Mengen oder deren vorherige Kompostierung.

Kohlensaurer Kalk

enthält als Naturprodukt bis 95 % kohlensauren — das sind 53 % wirksamen — Kalkes. Niedriger im Gehalte stehende Sorten bezeichnet man im allgemeinen als „Mergel". Immerhin kommen unter dieser Bezeichnung Sorten im Handel vor, die bestgemahlenem, kohlensaurem Kalke im Gehalt und in der Feinheit der Siebung vollständig ebenbürtig sind. Die im norddeutschen Flachlande

---

verbreitet und gleich darauf mit 1/3 seines Gewichtes Wasser übergossen; die Haufen werden dann mit einer 10 cm starken Erdschicht vom Luftzutritt abgeschlossen. Nach Verlauf eines Tages kann der nun zu einem feinen Pulver zerfallene Ätzkalk, bei trockenem Wetter und trockenem Boden, mit Schaufeln (nicht mit der Hand) ausgebreitet und schließlich eingeeggt werden. Noch einfacher ist folgendes Verfahren: Man taucht die in einem Korbe befindliche bestimmte Menge Ätzkalk so lange in eine Tonne mit Wasser, als noch Luftblasen entweichen, leert dann rasch den Behälter an der vorgesehenen Stelle und streut nach vollständigem Zerfall oder deckt mit Erde ab wie oben. (Siehe auch Anm. 2, S. 108.) Grobe Stücke sind im allgemeinen kalkreicher und löschen sich gleichmäßiger und vorteilhafter als Grus. Die Ablöschplätze sind nach Beendigung der Arbeit nochmals zu kontrollieren, ich habe darunter einmal Tannenabfälle angekohlt gefunden.

weitverbreiteten diluvialen Mergelablagerungen bestehen zumeist aus Gemengteilen von kohlensaurem Kalk, Ton und Sand. Je nachdem der eine oder andere Bestandteil überwiegt, unterscheidet man Kalk-, Ton- und Sandmergel.[1]) Von der Eigenschaft dieser Mergel, an der Luft im Wechsel von Regen, Sonnenschein oder Frost zu zerbröckeln, macht man praktischen Gebrauch: man mergelt im Herbst in kleinen Haufen, läßt diese im Winter durchfrieren und führt im Frühjahr bei trockenem Wetter die Vermengung mit dem Kulturboden herbei. Durch längeres Lagern an der Luft werden manche schädlichen Bestandteile, wie Schwefeleisen, durch Sauerstoffaufnahme zersetzt. Die aus dem Schwefel so entstandene Schwefelsäure setzt sich weiter mit Kalk zu Gips, einer dem Boden nützlichen Verbindung, um. Für 90- bis 95 prozentige präparierte Kalkmergel sind Verunreinigungen natürlich von geringer Bedeutung. Diese Mergel kommen meist so feinkörnig in den Handel, daß sie auch im Frühjahr gestreut und untergebracht werden können; doch ist es immerhin vorteilhafter, dies im Herbst zu tun.

Der kohlensaure Kalk wirkt milder, langsamer, aber dauernder als Ätzkalk. Tonmergel verwendet man am vorteilhaftesten auf leichtem Boden, der dadurch bindiger wird, umgekehrt Sandmergel auf schwereren Böden, die dann lockerer werden.

Gips

besteht aus wasserhaltigem, schwefelsaurem Kalk ($CaSO_4 + 2H_2O$), rein mit ca. 32% Kalkgehalt, also aus zwei für die Pflanze als Nährmineralien notwendigen Stoffen. Der Vorteil einer Gipsdüngung beruht i. a. weniger auf der Nährstoffzufuhr, als auf der dislozierenden Wirkung, die den Gips unter den Kalksalzen besonders auszeichnet. Die Landwirtschaft benutzt ihn mit gutem Erfolge auf Feldern „von gutem Düngungszustande". Auf sauren Böden, zu denen auch viele Waldböden gehören, hat man weniger Erfolge damit gehabt; auf saurem Hochmoor wirkt er für manche Pflanzen (Papilionaceen)

---

[1]) Schultz-Lupitz, Arbeiten d. Deutschen Landw.-Ges., Heft 17, S. 173, bemerkt: „Es gibt verschiedene Mergelarten, namentlich diejenigen aus der Kreideformation, welchen ebenso wie der Kreide selbst, unerachtet hohen Kalkgehaltes, eine Wirksamkeit nicht innewohnt."

direkt ungünstig,[1]) während andere Pflanzen (Kartoffel, Roggen, Hafer) weniger oder gar nicht benachteiligt werden. Auf Waldboden würde deshalb, wenigstens vor einer Verwendung größeren Stils, ein Probeversuch zweckdienlich sein.

Kalkabfälle.

a) Kalkasche oder Staubkalk bildet ein im Kalkgehalt wechselndes Abfallprodukt der Kalkbrennerei. Je länger dieses Material an der Luft liegt, um so mehr nimmt es Kohlensäure (und Wasser) auf, und um so geringer wird der Gehalt an Kalkerde (CaO). Gleiches gilt vom

b) Gaskalk, der bei der Reinigung des Leuchtgases durch Ätzkalk entsteht. Nach einer Analyse von Mayer[2]) enthielten Proben 34 bis 49 % Kalk in Form von Ätzkalk, kohlensaurem Kalk und Gips, neben geringen Mengen von Stickstoff. Auch Schwefelcalcium und schwefeligsaurer Kalk, die die Vegetation nachteilig beeinflussen, sind zuweilen darin enthalten; durch längeres Ausbreiten an der Luft oxydieren sich diese Stoffe zu Gips.

c) Scheideschlamm der Zuckerfabriken erweist sich um so wirkungsvoller, als er nach Wittmann[3]) u. a. neben 20 bis 30% kohlensaurem Kalke noch etwa 1% Phosphorsäure, 0,3% Kali und 0,5% Stickstoff enthält.

d) Steinkohlen-, Braunkohlen- und Torfaschen enthalten ebenso immer wechselnde Mengen von Kalk, neben Kali und Phosphorsäure (s. Tabelle 4 am Schlusse des Buches). Die schlackenartig geschmolzenen Teile sind zuweilen reich an Calciumsulfid, man siebt sie am besten ab. Auch der Staub chaussierter oder gepflasterter Straßen ist, je nach seiner Herkunft, mehr oder weniger kalkhaltig.

---

[1]) Vergl. Fleischer, Landw. Jahrb. 1891, S. 607. Tacke, Fühlings Landw.-Zeitung 1905, S. 331.

Nach Schalch (Anm. z. geol. Spezial-Karte d. Großh. Baden, Blatt 120, S. 35) hebt gleichzeitige Zugabe von Kalk oder Mergel die ungünstige Gipswirkung auf.

[2]) Mayer, Düngerlehre, 4. Aufl., Heidelberg 1895, S. 166.

[3]) Wittmann, Der Saaten-, Dünger- und Futtermarkt, Nr. 49, 1899, S. 1153. Mayer, a. a. O., S. 98, fand etwas niedrigere Werte; bei derartigen Stoffen vermögen diese nicht konstant zu sein.

b) Die Düngung.

Was für „Düngung und Düngemittel" hauptsächlich in Betracht kommt, gruppiert sich um: I. Form, II. Menge, III. Zeit, IV. Kosten der Düngung und V. Anwendung der Düngemittel.

I. Die Düngerform ist nicht gleichgültig, sie ist der eigentliche Wertfaktor der Düngemittel. Es hat sich bisher gezeigt, daß Nährstoffzuführungen in gebundener und mehr oder weniger leicht umsetzbarer Form — wie in den Düngemitteln — am rentabelsten sind. Welche Düngerform ist nun im gegebenen Falle zu wählen? Diejenige, die unter Berücksichtigung des Düngerbedürfnisses und Wirtschaftsziels nach Konstellation der Wachstumsfaktoren des Standorts dem Preise nach die entsprechendste ist. Damit ist aber dem Praktiker wenig geholfen, da ihm diese Einzelfaktoren zum guten Teil unbekannt und wirtschaftlich nicht bestimmbar sind. Erfahrung und Versuch beherrschen daher die Praxis.

Über das Düngerbedürfnis (s. S. 16) der Forstpflanzen weiß man noch so gut wie nichts; was davon bekannt geworden ist, wurde unter der Einzelaufführung der Düngemittel behandelt. Wo sonst die Rechnung aber einigermaßen die Verwendung natürlicher Dungstoffe (Stalldung, Kompost usw.) zuläßt, ist meistens die Zufuhr in dieser Form ratsam.

Überspannt das Wirtschaftsziel nur eine Vegetationsperiode oder weniger, so wird man leichtlösliche Dungstoffe vorziehen; sonst muß man auf länger wirkende Betracht nehmen oder die Zuführung leichtlöslicher wiederholen.

Unter den Standortseigentümlichkeiten interessieren wesentlich die Wasserverhältnisse und die absorptiven Eigenschaften des Bodens, d. h. seine Fähigkeit, aus durchfiltrierenden Salzlösungen (z. B. aus Düngemitteln) Teile herauszunehmen und an sich zu binden. Absorbierend wirken im Boden hauptsächlich Humusstoffe, Eisenoxyd und Tonerde, letzere besonders in Verbindung mit wasserhaltigen Silikaten (Zeolithen). Absorbiert werden im allgemeinen: Kalium, Ammoniak und Phosphorsäure stark, weniger stark und infolgedessen leichter ausgewaschen Magnesium, Calcium und Natrium, gar nicht Salpetersäure, Chlor und Schwefelsäure.[1])

---

[1]) Wer sich über dieses interessante und wichtige Kapitel näher unterrichten will, der sei auf die öfters zitierten Lehrbücher der Agrikulturchemie und Bodenkunde verwiesen. Ausführlicher wird

Der Absorption wirkt die Auswaschung entgegen, die an sich wieder abhängig ist von der Höhe der Niederschlagsmenge, deren Verteilung und Abzugsmöglichkeit.[1])

Die Beziehungen, die sich daraus herleiten, sind recht mannigfaltige, für unsere Zwecke aber ergibt sich, daß fruchtbare (feinerdige) Böden gewöhnlich ein kräftiges Absorptionsvermögen besitzen, unfruchtbare ein geringes. Erstere können mithin größere Mengen Dungstoffe aufnehmen als letztere bei minder großer Gefahr von Verlusten durch Auswaschung. Daher wird man unter normalen[2]) Verhältnissen auf geringen Sandböden eine Stickstoffzufuhr besser durch schwefelsaures Ammoniak, Stallmist, Gründüngung etc. als durch den nicht absorbierbaren, leichtlöslichen Salpeter bewirken; statt Ätzkalk wird man unter Umständen besser kohlensauren Kalk geben usw. Voraussetzung wäre dabei, daß die Verwendung durch ein anderes Düngerbedürfnis oder durch Preisverhältnisse nicht unwirtschaftlich würde. So ist es nach Konstellation der letzteren wohl möglich, eine Düngerform wirtschaftlich zu verwenden, obwohl sie dem Düngerbedürfnis weniger Rechnung trägt als eine andere, die diesen Ausfall durch größere Billigkeit wieder wettmacht.

dies Kapitel auch behandelt von Heiden, Düngerlehre, Hannover 1879, Bd. 1, S. 291 ff., Sachsse, Lehrbuch d. Agrikultur-Chemie, Leipzig 1888, Ramann, Bodenkunde, Berlin 1905, 2. Aufl., S. 21 ff.

[1]) Wenig allgemeinen Wert hat folgende Berechnung von Lawes und Gilbert (mitgeteilt von Märcker, Arbeiten d. Deutsch. Landw.-Ges., Heft 17, S. 28), nach der dem Ackerboden — wahrscheinlich auf den Hektar — je nachdem ob gedüngt oder ungedüngt, im Jahre durch Auswaschung verloren gehen an:
Kali, ohne Kalidüngung . . . . . 4,0 kg, bei Kalidüngung 10 kg,
Phosphorsäure, ohne Phosphorsäuredüngung . . . . 2,5 kg, bei Kalidüngung 5 kg,
Kalk 250 bis 500 kg, je nach Stärke der Kalkdüngung, sowie auch der Düngung mit salzartigen Düngemitteln, welche den Boden entkalken.
Stickstoff, ohne Stickstoffdüngung 15 bis 20 kg im Jahr, bei Stickstoffdüngung 25 bis 47 kg, je nach Stärke der Zufuhr.

[2]) Diese Angaben haben selbstverständlich die Voraussetzung, daß es die Nährstoffe sind, und nicht etwa physikalische (und klimatische) Faktoren, die die größtmögliche Produktion behindern. Der Düngung müßte sonst eine Melioration vorausgehen. Auch die Bodenversäuerung (Humusentartung) hat zunächst klimatische Ursachen. Daß selbst ein geringer Säuregrad des Bodens Berücksichtigung bei der Wahl des Düngemittels verlangt, ist bei der Einzelaufführung der letzteren bereits erwähnt.

II.) Die Düngermenge. Diejenige Düngermenge ist anzuwenden, die unter Berücksichtigung des Düngerbedürfnisses und der Wachstumsfaktoren des Standorts bei geringsten Kosten die Erreichung des Wirtschaftsziels noch gewährleistet. Auch dies ist Unbefriedigendes für die Praxis, der an einer festumschriebenen Zahl liegt, die aber nach Lage der Sache zu geben zunächst unmöglich ist. Erfahrung und Versuch bestimmen deshalb auch hier. Wenn man das Düngerbedürfnis der Pflanze und dessen Verhältnis zu den verschiedenen Düngemitteln kennte, so würden jene Mengen zu berechnen sein, die man gegebenenfalls an Stelle des Dungstoffs zuzuführen nötig hat, der das Düngerbedürfnis deckt.

Der Einfluß der Wachstumsfaktoren des Standorts auf eventuell zuzuführende Düngermengen ist noch mannigfacher als der auf die Düngerform; hier gehen diese beiden Fragen häufig ineinander über. (Über den Bodenvorrat an Pflanzennährstoffen siehe S. 9 ff.)

Absorptionskräftigen Böden wird man reichlichere Düngermengen zuführen können als solchen, deren Absorptionsvermögen nur gering ist. Ferner sind die Wasserverhältnisse zu berücksichtigen; die Auslaugung ist natürlich bei reichlicher Düngung und verhältnismäßig geringem Entzuge durch Pflanzen intensiver. Lage (Meereshöhe, Exposition, Inklination), Niederschlagsmengen, Niederschlagsverteilung, Grundwasserstand, Bodenart, Gründigkeit usw. wirken weiter als Corrigens der Auswaschungsgröße und damit auf die Düngermenge ein. Abgesehen von höheren Verlusten, die größere Düngermengen auf diese Weise erleiden, knüpft sich an eine starke Zuführung besonders leichtlöslicher Düngemittel (Kalisalze, Kalk, Chilisalpeter usw.) die Gefahr einer zu starken Konzentrierung der Bodenlösungen, die wieder nach Pflanze und Standort verschieden wirken kann. Gerade unter dem „Verbrennen" scheinen forstliche Kulturen[1]) viel zu leiden, mehr Nadelhölzer als Laubhölzer, mehr junge als ältere Individuen, mehr auf humusarmen als auf humusreicheren Böden. Nach anderer Richtung erweisen sich größere Zuführungen eines Nährminerals

---

[1]) Engler und Glutz bemerken i. d. Mitteil. d. Schweiz. Centr.-Anst. f. d. forstl. Versuchs-Wesen 1903, S. 329: „Diese Gefahr (zu konzentrierte Nährlösung) ist bei den meisten landwirtschaftlichen Kulturpflanzen eine kleinere als für junge Holzgewächse ." — Siehe auch S. 62.

(etwa in Hilfsdüngern) noch dadurch schädlich, daß sie durch Massenwirkung wichtige Nährmineralien aus Absorptionskomplexen plötzlich und in Mengen verdrängen können, so daß dadurch im Boden ein Mangel an diesen Stoffen entsteht (Ausmergeln).

Stehen der Pflanze viel Nährstoffe zur Verfügung, so nimmt sie über den Bedarf hinaus davon auf und treibt sogenannten Luxuskonsum. Diese Aufnahme kann sich bei gewissen Pflanzen bis zum Mehrfachen des absolut Notwendigen steigern. Beträgt die Gesamtmenge der Aschenbestandteile im allgemeinen 2,5 bis 5 % der Trockensubstanz, so übersteigt sie bei Luxuskonsum 10 %, vereinzelt sogar 30 %.[1]) Ohne Störung einzelner Funktionen oder der Gesamttätigkeit der Pflanze kann es dabei natürlich nicht abgehen. Bekannt ist, daß eine üppige vegetative Entwicklung das Blühen verhindern kann, daß Geilwuchs bei Forstpflanzen Frost schlecht verträgt und Krankheiten zugänglicher ist.

Wichtig wäre weiter, für Forstpflanzen als perennierende Gewächse festzustellen, inwieweit durch Luxuskonsum abgelagerte Stoffe in Notzeiten wieder physiologische Verwendung finden könnten,[2]) und inwieweit ein Luxuskonsum überhaupt ohne Schaden betrieben werden kann. Ein Versuch aber, von einer Luxuskonsumtion derart Nutzen zu ziehen, daß man, um Kosten für Ausstreuen und Unterbringen der Dünger zu sparen, die Mengen auf einmal verabreicht, die sonst verteilt zur Verwendung kämen, wäre nicht zu raten. Die Verluste, welche durch Auswaschung und durch Umwandlung, wenigstens der gebräuchlicheren Düngemittel, in Formen entstehen, die der Pflanzenwurzel weniger zugängig sind, dürften den Vorteil überwiegen. Es ist selbstverständlich, daß auch die Düngemittel den chemischen Wechselwirkungen des Bodens, dem sie einverleibt werden, unterliegen. Auf diese komplizierten Vorgänge kann hier aber nicht näher eingegangen werden; es mag der Hinweis genügen, daß im allgemeinen die Neigung besteht, in Dauerzustände überzugehen. Besonders leichtlösliche, absorbierbare Dungstoffe werden dadurch ihrer Bestimmung mehr oder weniger rasch entzogen.

---

[1]) Pfeffer, Pflanzenphysiologie, Leipzig 1897, Bd. 1, S. 403.

[2]) Die Nährstoffwanderung im Herbst, das bessere Gedeihen gut ernährter Pflanzen bei Verpflanzung auf ärmere Böden, die Nährstoffspeicherung vor Samenjahren usw. lassen darauf schließen.

Erfahrungsmäßig wird aber selbst im günstigsten Falle nie die Gesamtmenge der zugeführten Nährstoffe von der Pflanze aufgenommen; was unwirksam wird, ist meist das xfache des Aufgenommenen.[1]) Die Landwirtschaft gibt deshalb meist das Mehrfache des voraussichtlichen Entzugs und empfiehlt Vorratsdüngung, solange sich eine solche Überschußdüngung rentabel erweist. Dies würde im forstlichen Betriebe höchstens in ständigen Pflanzgärten zu empfehlen sein, sonst aber wird der forstliche Großbetrieb auch fernerhin auf eine Ausnutzung der Bodennährstoffe angewiesen bleiben.[2])

---

[1]) Nach Märcker (Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges., Heft 17, S. 28) wurden unter günstigsten Verhältnissen von 100 Teilen der Düngung höchstens folgende Mengen aufgenommen:

von Phosphorsäure . . . 30 bis 40 Teile
„ Kali . . . . 40 bis 50 „
„ Stickstoff . . . . . 50 bis 60 „

Emmerling, Fühlings Landw. Zeitschr. 1894, S. 484, zit. nach Chem. Centr.-Bl. 1895, Bd. 1, S. 503, meint, daß nach Überschußdüngung von Phosphorsäure 4 bis 8 %, in einzelnen Fällen mehr, in anderen weniger verbraucht würden. Derartige Angaben können selbst für die landwirtschaftliche Praxis nur von geringem Werte sein, noch weniger für den forstlichen Betrieb; sie können nicht, wie dies geschehen ist, als Faktoren zur Berechnung der „nötigen“ Düngermenge dienen.

Auch die von der Landwirtschaft aufgestellten Zahlen für den Wirkungswert der einzelnen Dungstoffe in den verschiedenen Dungformen (N in Stallmist, in Chili und in schwefelsaurem Ammon usw., siehe S. 56 u. 69) haben für den Wald kaum praktische Bedeutung; ebenso die nach jenem Verfahren weiter aufgestellten Zahlen für das Kilo Stickstoff, Kali, Phosphorsäure nach Mark und Pfennigen. Meines Erachtens müssen derartige Zahlen verschieden sein, je nach der Pflanze und den jeweils wirkenden Standortsfaktoren.

Auch die Annahme scheint nicht unberechtigt, daß im Walde (Pflanzgarten ausgenommen) die Wirkungsdauer der Dungstoffe, die in jene Wertzahlen mit eingeschlossen ist, sich anders äußern wird als im landwirtschaftlichen Betriebe; hier wird der Prozeß des Unlöslichwerdens durch öftere Bearbeitung gestört.

[2]) Ältere Orte scheinen nach vorliegenden Berichten von Hilfsdüngern weniger Vorteil zu ziehen. Dem bekannten Baumschulenbesitzer Späth, Baumschulenweg bei Berlin, verdanke ich die Nachricht, daß in seinem Betriebe nach einem Plane des Geheimen Regierungsrats Orth fünf Jahre hintereinander versuchsweise ohne Erfolg „Mineraldünger“ zugeführt wurde, nur Kalk hatte sichtbaren Erfolg. Von der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft später dort

Weiter richtet sich die Wirkungsdauer eines Düngemittels nach dessen Form, nach der Pflanze und nach dem Standort. Im allgemeinen gilt, daß leichtlösliche Dungstoffe rascher wirken als schwerlösliche, Sandböden früher Dungwirkung zeigen als Tonböden, frische Orte mehr als trockene Lagen usw. Längere Wirkung äußern diejenigen Stoffe, die sich nur langsam umsetzen. Zahlenmäßige Angaben lassen sich nicht geben, sie sind nur durch Versuch zu erwerben.

Die Düngermenge soll sich auch nach dem Preise richten. Dasjenige Dungmaterial wird am billigsten sein, welches der Pflanze die höchste Ausnutzung gewährt und sich unter Einrechnung der Kosten bis zum Verwendungsplatz und für Verwendungsart am vorteilhaftesten stellt. Düngemittelpreise regulieren sich als Handelsartikel nach Angebot und Nachfrage; die Preise schwanken. Infolgedessen kann nicht allein die Verwendung einer Düngerform wirtschaftlich angebracht sein, die der Pflanze nicht die höchste Ausnutzung gewährt; es kann auch möglich sein, daß man der augenblicklichen größeren Billigkeit wegen größere Mengen, als dem vorliegenden Bedarf entsprechen, zur Anwendung bringt.[1])

Bestimmend für die Düngermenge ist schließlich noch das Wirtschaftsziel, insofern man weniger Dungstoffe verwenden wird, wenn eine Düngerwirkung nur in geringem Maße und auf kürzere Zeit erwünscht oder nötig ist, als umgekehrt. Steigende einmalige Zufuhren werden eine obere Grenze unterhalb da finden, wo die Bodenlösung für die jeweilige Pflanze zu konzentriert

---

wiederholte Versuche wurden nach vier Jahren aufgegeben, „weil sich kein bemerkbarer Erfolg gezeigt hatte". Siehe auch die Referate von Fricke, Jahrb. d. Schles. Forst-Vereins 1903, S. 100, und Duesberg, Verhandl. des Pommerschen Forst-Vereins 1904, S. 37.

[1]) Der Vorteil gebietet ferner, zu erwägen, inwieweit auch die sogenannten freien Güter, Licht, Luft, Wärme (Wasser), in ihrer Einwirkung auf die Produktion der Pflanzen zu beeinflussen sind. Obwohl diese Faktoren absolut unvermehrbar sind, könnte doch ihre geregelte Verteilung schon aus dem Grunde wirtschaftlich sein, weil der im Minimum vorhandene Produktionsfaktor zu um so größerer Produktion ausreicht, je mehr sich die anderen Faktoren im Optimum befinden. Da der Untergrund gewöhnlich reicher an Nährstoffen ist als der Obergrund, erscheint ferner die Frage nicht unberechtigt, ob diese Vorräte durch Wahl einer Holzart mit tiefer Bewurzelung mehr herangezogen werden können.

wird, und wo der Verlust, den die zugeführten Dungstoffe durch Umwandlung und Auswaschung erleiden, höher ist als die Kosten einer Neuzufuhr. Kleinere Mengen, in Zwischenräumen gegeben, wirken immer besser als gleich große, auf einmal gegeben.

Die Wirtschaftsziele müssen natürlich eine gesunde Basis haben und den natürlichen, unabänderlichen Standortsfaktoren angepaßt sein.

III. Die Zeit, wann eine Düngung auszuführen ist, richtet sich nach Düngerform, Pflanze, Standort und der Zeit, für die der Eintritt der Wirkung erwünscht ist.

Leichtlösliche oder gelöste Dünger gibt man deshalb meist kurz vor diesem Zeitpunkt, besonders auf leichtem Boden und feuchten Lagen (Frühjahrsdünger); schwerlösliche Monate vorher, desto früher, je schwerer und trockener der Boden ist (Herbstdünger). Eine Ausnahme machen diejenigen Dungstoffe, die, obwohl sie leichtlöslich sind, neben Pflanzennährstoffen noch Stoffe enthalten, die schädlich auf die Vegetation wirken (Kainit, Carnallit, Abaschen usw.). Man gibt diese Stoffe auch gewöhnlich schon lange vorher, ehe sie ihre spezifische Wirkung entfalten sollen, um jene schädlichen Bestandteile durch Auswaschung und Umsetzung zu beseitigen.

Bestandene Flächen wird man nicht ohne Grund gegen Ende der Vegetationszeit mit Stoffen düngen, die, rasch aufgenommen, die Vegetation treiben und dadurch das Ausreifen des Holzes verzögern können (Stickstoffdünger). Bei gewissen Kalamitäten (Frost, Insektenfraß usw.) kann dies eine Ausnahme erleiden.

IV. Die Kosten einer Düngung werden naturgemäß je nach Marktpreis und Kosten für die spezielle Anwendungsart des Dungstoffes nach Lage der Düngungsfläche verschieden sein. Variieren werden ebenso die Löhne. Bei der verschiedenen Höhe dieser Nebenausgaben und ihrem Verhältnis zu den Kosten für das Dungmaterial selbst ist es zwecklos, etwa für Gesamtkosten eine Rechnung aufzustellen. Eine Düngung wird sich im finanziellen Effekt um so günstiger stellen, je rascher eine Ernte der Düngung folgt, je weniger sich also die Zinseszinsen summieren.[1])

---

[1]) Dies weist darauf hin, auch Althölzer — vielleicht bei stärkster Zuwachsleistung — zu Versuchsobjekten zu machen.

100 Mark ergeben prolongiert:

bei einem Zinsfuße von	nach Jahren 60	70	80	90	100	120	140	160
	Mark							
$2\frac{1}{2}$ %	439,98	563,21	720,96	922,89	1181,37	1935,82	3172,06	5197,79
3 %	589,16	791,78	1064,09	1430,05	1921,86	3471,10	6269,19	11322,86[1]

Für eine Reihe Wahrscheinlichkeiten und Möglichkeiten, die eine Düngung im Gefolge haben kann, sind exakte Unterlagen zur Bemessung des eventuellen finanziellen Effektes noch zu

---

[1]) Dabei empfehle ich folgende Rechnung einer Beachtung Frage: Wie stellen sich die Reinerträge eines normal im 80. Jahre abgetriebenen Fichtenbestandes 4. Bonität

a) ungedüngt (gegen gedüngt), wenn es durch eine Düngung von 50 M. gelingt, dieselben Abtriebserlöse zu erhalten,

b) im 70. Jahre,

c) im 75. Jahre?

(Dabei wird abgesehen von der Ersparnis an Verwaltungskosten auf 10 bzw. 5 Jahre, ebenso vom Vorteil früher möglicher Bodenbenutzung auf gleiche Zeit):

a) Abtriebsertrag (nach Schwappach, Wachstum und Ertrag normaler Fichtenbestände 1890, S. 62) = 427 fm à 8 M. (erntekostenfrei) . . . . . = 3416,— M.
80 M. Kulturkosten prolongiert mit 3 % . . . = 851,20 „
verbleiben 2564,80 M.

b) Abtriebsertrag wie oben . . . . 3416,— M.
80 M. Kulturkosten prolongiert zu 3 % . . . } auf 70 Jahre = 633,42 M.
50 M. Düngungskosten prolongiert zu 3 % . } = 395,89 „ 1029,31 „
verbleiben 2386,69 M.
2386,69 M. prolongiert mit 3 % auf 10 Jahre = 3207,47 „
mithin mehr gegen a) 642,67 „

c) Abtriebsertrag wie oben . . . . 3416,— M.
80 M. Kulturkosten prolongiert zu 3 % . . . } auf 75 Jahre = 734,31 M.
50 M. Düngungskosten prolongiert zu 3 % . } = 458,95 „ 1193,26 „
verbleiben 2222,74 M.
2222,74 M. prolongiert mit 3 % auf 5 Jahre = 2576,83 „
mithin mehr als a) 12,03 „

beschaffen (geringere Nachbesserung, höhere Durchforstungserträge, erhöhter Schutz gegen Krankheiten, Kalamitäten, gesteigerter Wildverbiß, Einwirkung auf Holzqualität usw.).

V. Über Anwendung der Düngemittel sei auf das verwiesen, was bei Einzelaufführung derselben davon gesagt wurde. Kurz sei hier wiederholt: Die Dünger kommen um so rascher zur Wirkung, je leichter löslich (bzw. je feiner gemahlen) sie sind, und je gleichmäßiger sie im Wurzelbereich der Pflanze verteilt werden. Bei den konzentrierteren Formen empfiehlt sich deshalb ein Vermischen mit trockener Dammerde, getrocknetem, gesiebtem Sand usw. Humose Teile zuzumischen ist von vornherein geboten bei Dungstoffen, die hygroskopisch sind und leicht Klumpen bilden. Nachträgliches Durchsieben begünstigt Zerteilung und intensivere Mischung.

Das vorherige Mischen vor dem Ausstreuen der Dünger ist in den Fällen nicht rätlich, wo wechselseitige Umsetzungen (besonders bei längerer Dauer der Einwirkung) die Wirkung beeinträchtigen können. Wesentlicher sind davon betroffen Düngemittel, die Ammoniak, Phosphor- oder Salpetersäure enthalten. Mayer[1]) gibt folgende Regeln:

1. Ammoniakhaltende Stoffe nicht mit kalkigen oder alkalischen,[2])
2. Superphosphat nicht mit den letztgenannten und auch nicht mit Salpeter und
3. Thomasphosphat überhaupt nicht zu vermengen.

Man kaufe diese Materialien allein (nicht schon vorher künstlich gemischt), streue sie nacheinander oder mische sie höchstens unmittelbar vorher.

Alle Dungstoffe sind bei möglichst windstillem Wetter auszustreuen.[3])

---

[1]) Mayer, Die Düngerlehre. 5. Aufl., 1902, S. 178. Die sich hierauf beziehenden Angaben im neusten Landw. Kalender von Mentzel u. v. Lengerke 1. Teil, 1905, sind verbesserungsbedürftig.

[2]) Ammoniakhaltende Stoffe und solche, die sich ähnlich umsetzen, sind: schwefelsaures Ammoniak, Guano, Blut-, Horn-, Knochenmehl usw.; kalkige: Kalk, Mergel, Thomasmehl; alkalische: Kalidünger, Kalk, Aschen usw.

[3]) Es mag hier wenigstens darauf hingewiesen sein, daß Blutvergiftung möglich ist, wenn Personen das Ausstreuen von Kalk und Hilfsdüngern besorgen, die an der Hand Verletzungen haben, selbst wenn diese klein und unbedeutend sind.

Je nach Boden, Pflanze, Wirtschaftsziel,[1]) Dungstoff und Zeit der Düngung wird eine Zufuhr längere oder kürzere Zeit vor erwünschtem Eintritt der Wirkung, ein tieferes oder flacheres Unterbringen mit Egge, Rechen oder Hacke auf ganzer Fläche, auf Streifen, Rillen, Plätzen usw. nötig erscheinen. Nur Chilisalpeter (und vorher im Wasser gelöste Düngemittel) bringt man gewöhnlich ohne nachheriges Vermengen auf den Boden.

Nachdüngungen auf bestandenem Gelände erfordern einige Vorsicht. Im Pflanzgarten macht die erwünschte raschere Wirkung die Verwendung leichtlöslicher Dungstoffe nötig. Chilisalpeter kann man bei feuchtem Wetter, mit dem Boden gemischt, auch über die Pflänzchen streuen; noch besser verfährt man, ihn wie Guano, aufgeschlossenes Knochenmehl, schwefelsaures Ammoniak, leichtlösliche Superphosphate, Poudrette, Blut-, Hornmehl usw., mit Erde vermischt, zwischen den Rillen resp. Schulpflanzen leicht einzuhäckeln. Feuchte Witterung begünstigt raschere Wirkung, wo Wasser leicht zu beschaffen ist, kann man sich weiter helfen, indem man von den genannten Stoffen Lösungen oder Extrakte darstellt und damit zwischen den Pflanzreihen gießt (event. verbleibenden Satz gebe man zum Komposthaufen). Eine Kalinachdüngung ist wohl nur selten nötig, sie ist auch wegen der spezifischen Eigenschaften der hauptsächlichsten Kalidüngemittel (s. S. 59 ff.) kaum zu empfehlen. Ist sie unabweisbar, so verwendet man am besten vorher kompostiertes Material. Auch für Nachdüngungen gilt der Herbst bzw. das Frühjahr für die beste Zeit.

Da ältere Bestände gegen konzentriertere Nährlösungen weniger empfindlich sein sollen, könnte es sich empfehlen, beispielsweise bei Pflanzungen im regelmäßigen Verband immer nur eine Reihe um die andere oder sonst nur einen Teil der Oberfläche des durchwurzelten Standortes ($^1/_2$, $^1/_4$?) zu düngen.

Die Verluste, die durch Auswaschen und Unlöslichwerden, besonders der Hilfsdünger, entstehen, lassen es zweckmäßig erscheinen, möglichst nur den Pflanzplatz[2]) zu düngen. Eine breitwürfige

---

[1]) Da die Pflanzenwurzel Richtungsreiz besitzt und sich in der Nährstoffzone stark verbreiten soll, kann man durch flacheres oder tieferes Einbringen der Dünger die Wurzelentwickelung beeinflussen (Pflanzgärten).

[2]) Man kann dabei verschieden verfahren: bei Breitsaat, Saat in Rillen, Streifen oder Rabatten wird man die Düngemittel (mit Aus-

Düngung ist bei Bestandsbegründung da nicht zu raten, wo ein großer Teil der Nährstoffe außerhalb der Wurzelsphäre zu liegen kommt, und so dem Unkraut nutzen, schwerlöslich oder verwaschen werden könnte.

Hervorheben möchte ich hier nochmals, daß die Düngemittel nur dann volle Wirksamkeit entfalten können, wenn der Boden

---

nahme leichtlöslichen Stickstoffs) im Herbst vorher einbringen. Zu gleicher Zeit wird man bei Pflanzung im regelmäßigen Verband den Boden der zubereiteten Pflanzplatte mit dem Düngemittel vermischen; endlich kann man auch die Düngemittel mit der Pflanzerde im Herbst aufsetzen und mit dieser im Frühjahr verwenden. Da man gegebenenfalls Kalk nicht ohne Schaden gleichzeitig mit Phosphorsäuredüngern verwenden kann, wird man ersteren zweckmäßig im Herbst, letztere, im Frühjahr mit Pflanzerde vermischt, verabfolgen. Für derartige Kalkdüngungen gibt mir ein Revierverwalter (der nicht genannt sein will) folgendes erprobte Verfahren (s. auch S. 95, Anm. 4): Der frisch gebrannte Kalk wird im Herbst (Oktober) in unmittelbarer Nähe der Kulturfläche in meilerförmigen Haufen von je 5 bis 6 Ztr. lagenweise mit der aus dem Bestande oder der Kulturfläche entnommenen Erde aufgesetzt, und zwar derart, daß immer eine Lage Kalk mit einer etwa 20 cm hohen Schicht Erde abwechselt. Die Erde wird zweckmäßig etwas angefeuchtet. Den Abschluß bildet eine Lage Erde, worauf der Haufen mit Rasenplaggen möglichst dicht und fest zugedeckt wird, um den Kalk vor Regen zu schützen. Nach etwa 14 Tagen ist der Kalk zerfallen; die Haufen werden nun gut durchhackt und von der Mischung, welche etwa 1 Volumen Kalk und 5 bis 6 Volumen Erde enthält, zwei Hände voll (also ungefähr $^1/_2$ l) auf die vorher zubereiteten Pflanzplatten gebracht und 10 bis 15 cm tief untergehackt. Die Pflanzung erfolgt alsdann im nächsten Frühjahr. (Verwendet werden 30 Ztr. Kalk auf den Hektar, die einschließlich Anfuhr 36 M. kosten. Dazu kommt das Aufsetzen und Bearbeiten der Haufen, das Ausstreuen und Unterhacken mit rund 12 M., so daß die Kultur also im ganzen 48 M. auf den Hektar teurer wird.) Die Wirkung zeigt sich bisweilen schon im Herbst des Pflanzjahres, voll jedoch erst im zweiten Jahre, also in dem „der Pflanzung folgenden Sommer". Diese äußert sich in langen, kräftigen Trieben mit voller Benadelung von dunkler Farbe. Typisch für die Kalkdüngung ist auch die rehbraune Rinde der Triebe im Gegensatz zu der mehr grauen Färbung ungedüngter Pflanzen. Im dritten Jahre läßt die Wirkung bereits sehr nach, im vierten Jahre ist überhaupt nichts mehr zu merken. (Der Revierteil liegt auf flachgründigem Buntsandstein, starke Streunutzung, Heidewuchs.)

Ferner ist verschiedenfach für Nadelhölzer beobachtet worden (siehe Matthes, Allg. Forst- u. Jagdz. 1902, S. 18 u. 46. Wendt, Ref. i. d. Vers. d. Hess. Forst-Vereins, 1902. Sep.-Abzug. Hofmann,

genügende physikalische Beschaffenheit zeigt; sonst muß der Düngung eine Meliorierung (Bodenbearbeitung, Entwässerung, Kalkung usw.) vorausgehen.

Allg. Forst- u. Jagdz. 1905, S. 300 u. a.), daß eine Düngung besonders mit Hilfsdüngemitteln in den ersten Jahren der Kultur wenig oder gar nicht zur Geltung kommt. Es ist dies erklärlich, wenn man annimmt, daß von gut ernährten Pflanzen die Baustoffe für die kommende Wachstumsperiode bereits im Jahre vorher aufgenommen worden sind, und daß ihnen nach der Verpflanzung Wasser zur Aufrechterhaltung der Lebenstätigkeit am nötigsten sein wird. Da nun aber jene Düngemittel gerade im ersten Jahre am meisten an Wirksamkeit verlieren, wäre zu erwägen, ob es sich nicht mehr lohnt, sie der Pflanze erst später (durch Einhacken) zu verabfolgen.

Anhang.

Der Düngungsversuch.

Das zurzeit beste Mittel, sich über die Nährstoffverhältnisse des Bodens zu unterrichten, besteht in der Anstellung eines Düngungsversuchs. Dieser ist eine Fragestellung unmittelbar an die Pflanze, die in unserm Falle Auskunft geben soll, was sie bei Zufuhr dieser oder jener Nährstoffform (Nährstoffmenge) auf diesem oder jenem Standorte leistet. Diese Leistung ist schließlich ins Verhältnis zu den Kosten zu setzen, und die Rechnung wird entscheiden, ob die Maßnahme rentabel war oder nicht. Jeder Düngungsversuch beruht auf einem Vergleiche. Die Beurteilung bedarf eines Maßstabes, den man durch die Größe des Ertrags gewinnt, den die gleiche und bis auf den Faktor Nährstoffe unter gleichen Bedingungen erzogene Pflanze gibt; nur Gleichungen mit einer Unbekannten hat man zu lösen. Des sicheren Erfolges wegen wählt man zunächst für die Versuchsfläche mittleren, jungfräulichen Boden, bemißt sie nicht zu klein und richtet einige Parallelflächen ein.

Selbstverständlich müssen auf allen diesen Flächen die Verhältnisse so liegen, daß die Zufuhr eines Nährstoffs irgendwelcher Art zur Geltung kommen kann. Wo ein Boden zu trocken, zu naß, zu bindig, zu locker usw. ist, überhaupt wo unter den verschiedenen Wachstumsfaktoren die Nährstoffe sich nicht im Minimum befinden, wird eine Düngung ohne oder nur von beschränkter Wirkung sein können.[1]) Steht derart beschaffenes Gelände nicht zur Verfügung, so hat man zu erwägen, ob eine Melioration zweckmäßig ist.[2]) Im allgemeinen stellt die Ebene geeignetere Flächen als das Gebirge. Lagen, die für irgendeine

[1]) Ich habe unter den besichtigten Düngungsversuchsflächen manche gesehen, bei denen man die Entwickelung von Kulturen durch eine Nährstoffzufuhr beschleunigen wollte, während man eigentlich die Wirkung von Düngemitteln auf die Umsetzung von Rohhumus, Trockentorf, Beerkrautdecken usw. erprobte.

[2]) Man vergesse dabei den Kalk nicht! (Siehe S. 91.)

Vergleichsfläche an sich Unterschiede zeigen, seien sie hervorgerufen von Kräften der Natur, von Tier oder Mensch, sind ungeeignet. Treten während der Dauer des Versuches unvorhergesehene Ereignisse ein, so muß man prüfen, ob daraus Folgen entstehen, die den Gang des Versuchs und sein Ergebnis beeinflussen können; gegebenenfalls ist der Versuch auszuschalten. Gleichheit ist aber nicht nur erforderlich für Boden und Klima, sondern auch für Saat- und Pflanzmaterial,[1]) Pflege und Ernte; nur die Düngung sei in unserem Falle unterschiedlich.

Je nach dem Versuchsziel wird man die Flächen verschieden nach Zahl und Größe wählen. Will man beispielsweise die Wirkung einer Kainitdüngung erproben, so benötigt man für den einfachen Versuch nur zwei Flächen: eine Fläche zur Kainitdüngung und eine Vergleichsfläche ohne Düngung. Wird zur Einbringung des Düngemittels der Boden verwundet, so ist eine weitere Fläche — zusammen also drei — erforderlich, um die Wirkung dieser Maßnahme an sich beurteilen zu können. Der größeren Sicherheit des Resultats wegen legt man aber, wie gesagt, Parallelflächen (bzw. -Reihen) an, wo sich dies einigermaßen ermöglichen läßt. Will man die Wirkung zweier verschiedener Pflanzennährstoffe, beispielsweise Kali und Phosphorsäure, nebeneinander studieren, so sind vier bzw. fünf Versuchsfelder nötig: Nr. 1 gedüngt mit Kali, Nr. 2 mit Phosphorsäure, Nr. 3 mit Kali und Phosphorsäure, Nr. 4 ungedüngt, Nr. 5 müßte die Wirkung einer eventuellen Bodenverwundung allein veranschaulichen, wenn die Düngemittel auf solche Art dem Boden einverleibt werden. Für die gleiche Versuchsanlage würden bei 3 verschiedenen Dungstoffen 8 bzw. 9, bei 4 Dungstoffen 16 bzw. 17 Flächen[2]) nötig sein. Bei einer derartigen Vielzahl wird man statt einer ungedüngten Fläche deren 2 bis 4 anlegen.

---

[1]) Wegen der individuellen Veranlagung wird teilweise sogar Benutzung von Abkömmlingen einer Pflanze gefordert. Diese berechtigte Forderung verliert bei Versuchen mit großer Pflanzenzahl an Bedeutung, weil dadurch Ausgleiche stattfinden. Siehe Behrens, Jahresber. d. Vereinig. d. Vertreter d. angewandten Botanik, S. 27.

[2]) Beispiel (K = Kali, P = Phosphorsäure, Ca = Kalk, N = Stickstoff):

Zahl der Felder

1 = ungedüngt,

1 = mit Bodenverwundung allein, (Fortsetzung s. nächste Seite.)

Die Größe der Einzelfläche wird verschieden zu bemessen sein. Wesentlich ist, daß die Wurzelräume der Einzelflächen so weit voneinander getrennt liegen, daß eine gegenseitige Einwirkung, die ja den Versuch in Frage stellen müßte, unmöglich ist. Dabei ist wohl zu beachten, daß der Pflanzenwurzel ein Richtungsreiz zu den Nährstoffen hin innewohnt.

Die Wurzelverbreitung ist aber nun nicht allein nach Gattung und Individuum verschieden, auch Eigentümlichkeiten des Standorts wirken mitbestimmend. Zeigen arme Böden im allgemeinen eine größere Wurzelverbreitung als reiche, so weiß man ebenso, daß sich in undurchlässigen, kalten (Rohhumus-) Böden die Wurzeln durch eine breitere Ausdehnung auszeichnen. Dies muß man auch für Versuche mit jungen Pflanzen berücksichtigen, je nachdem sich die Versuchsdauer auf kürzere oder längere Zeiträume erstreckt.

Aus dem allen ist ersichtlich, daß es, um die Größe der Einzelparzelle zu bestimmen, einer Reihe Unterlagen bedarf, starre Vorschriften kann es nicht geben. Je größer die Fläche, um so sicherer das Resultat; unter 0,1 ha wird man nicht herunter-, über 0,25 ha nicht hinauszugehen brauchen. Die Schwierigkeit, die aus der Beschaffung eines gleichartigen Versuchsfeldes er-

---

Zahl der Felder (Fortsetzung)

4 = je 1 Düngemittel (K — P — Ca — N),
6 = je 2 „ (K + P — K + Ca — K + N — P + Ca — P + N — Ca + N),
4 = je 3 „ (K + P + Ca — K + P + N — K + Ca + N — P + Ca + N),
1 = 4 „ (K + P + Ca + N).

Ich halte diese Versuchsanordnung den Verhältnissen des Waldes am besten angepaßt. Eine andere Anlage (siehe Stutzer, Mentzel u. von Lengerkes Landwirtsch. Hülfs- u. Schreibkalender 1905, S. 9) ist eine Differenzermittelung nach folgendem Schema: 4 Dungstoffe K, P, Ca, N.

Parzelle 1 gedüngt mit K, P, Ca, N, — alles;
„ 2 „ „ K, P, Ca, — ohne Stickstoff;
„ 3 „ „ P, Ca, N, — „ Kali;
„ 4 „ „ K, Ca, N, — „ Phosphorsäure;
„ 5 „ „ K, P, N, — „ Kalk;
„ 6 ungedüngt.

Diese Versuchsanordnung wird von der obigen eingeschlossen, sie abstrahiert weniger vom Minimumgesetz und scheint mehr landwirtschaftlichen Zwecken (Volldüngung) angepaßt zu sein, auch müßten meines Erachtens bei Verwertung der so gewonnenen Resultate Schwierigkeiten entstehen.

wächst, wird häufig auf die Größe der Einzelparzelle bestimmend wirken. Die rechtwinklige Form ist wohl die günstigste. Länge und Breite seien möglichst gleich, besonders wo weitstreichende Wurzelsysteme vorhanden sind.

Eine möglichst vollständige Gleichheit verlangt die Ausscheidung jedes Faktors, der diese hindern oder stören könnte (Hanglage, Beschattung, Seitendruck, Wege, Gräben,[1]) Quellen, Frostlöcher usw.). Ist eine Ausscheidung nicht möglich, so kann eine gleichmäßige Verteilung auf alle Flächen zu erstreben sein. Nötigenfalls ist die ganze Fläche durch eine entsprechende Umzäunung zu schützen.

Um eine gegenseitige Einwirkung verschieden behandelter Flächen tunlichst zu verhindern, trenne man diese durch einen Isolierstreifen,[2]) der je nach Versuch verschieden breit sein muß. Zwischen zwei Versuchsfeldern betrage er mindestens 5 m, unter Umständen können 10 m (Altholz) erforderlich sein. Macht die Versuchsanlage die Entnahme von Probestämmen nötig, so lege man dafür eine Unterparzelle unmittelbar an die Hauptparzelle ohne Zwischenstreifen an. Die Probestämme entnehme man so, daß man, ohne die Hauptfläche dadurch zu beeinflussen, auch noch künftig fehlerfreie Probestämme entnehmen kann. Die Probestammfläche muß natürlich gleich der Hauptfläche behandelt werden, die Grenze ist an den Bäumen besonders zu markieren (Verpfählung, Versteinung, Ringelung mit Ölfarbe an den Grenzbäumen).

Die äußeren Grenzpunkte der ganzen Anlage sind durch Grenzsteine festzulegen, für die Einzelparzelle wird zumeist Verpfählung genügen, für die nötige Flächenbezeichnung erscheint mir eine einfache Numerierung am geeignetsten.

Ein öfteres Beobachten und Kontrollieren während der Versuchszeit ist recht erwünscht, nicht allein um Zufälle auszuscheiden, die die Gleichheit des Versuchs gefährden, sondern auch um Notizen über das Verhalten der verschieden behandelten Parzellen nach Pflanze und Boden machen zu können. Solche Beobachtungen

---

[1]) Vater meint, daß Gräben unberücksichtigt bleiben können, sofern ihre Lage von der Versuchsfläche entfernter ist als das Zwanzigfache ihrer Tiefe. (Tharandter Forstl. Jahrb. 1904, S. 89.)

[2]) Innerhalb der Isolierstreifen werden auch die Bodeneinschläge zu machen sein, die dazu dienen sollen, sich über die Gleichartigkeit der Bodenverhältnisse (chem. u. physik.) zu unterrichten; zur Nachprüfung der Befunde in den Versuchsparzellen wird der Bohrstock genügen.

könnten betreffen: Zeit des Samenaufgangs, Entwickelung der Bodenflora, Eintritt der Triebentwickelung, Färbung der Blattorgane usw.

Treten Störungen an Einzelflächen auf, die ein gewisses Maß überschreiten, so kann es nötig werden, den Versuch auszuschalten. Bei intensiven Einwirkungen, selbst wenn sie sämtliche Flächen gleichmäßig betreffen, ist von Fall zu Fall zu entscheiden, ob man den Versuch weiterführen soll.

Bei Neuanlagen erleichtert Einzelpflanzung im Verband die Bemessung der Resultate; an Vollsaat, Plätze- und Reihensaat knüpfen sich von vornherein Ungleichheiten im Standraum.

Wie aber ist der Erfolg der verchiedenen Behandlung überhaupt zu bestimmen und welche Kriterien gelten dafür? Im Pflanzgarten wird man anders verfahren können als in älteren Beständen. Dort kann das Gewicht die Befunde des Maßes ergänzen, hier wird man sich auf das Maß allein beschränken müssen, jedoch unterschiedlich, nach drei Dimensionen.

Für junge Pflanzen liegen die Kriterien noch nicht fest.[1]) Dem Forstmann ist zum Verpflanzen eine „stufige“ Pflanze erwünscht. Diese Bezeichnung ist schwer zu übersetzen, sie sagt von der Pflanze ungefähr gleiches, wie „kurz und untersetzt“ vom Menschen (geringe Dimensionen bei großer Masse).

Lassen sich nun im Pflanzgarten und bei Neukultur durch Pflanzung Maß und Gewicht bestimmen, so muß man auf letzteres in älteren Orten verzichten. Die oberirdische Schaftlänge wird maßgebend sein, bis eine Bestimmung nach kubischem Maße möglich ist. Der Maßstab selbst ist immer in gleicher Höhe von da an gerechnet anzusetzen, wo die Pflanze den Boden verläßt. Man halte dabei immer die gleiche Himmelsrichtung ein und wähle diese so, daß es dem Beamten eventuell möglich ist, den Arbeiter bei der Messung zu kontrollieren, d. h. daß der Maßstab nicht den Gipfel verdeckt.

Befunde und Angaben sind in ein Lagerbuch einzutragen, dem ein Lageplan über die Flächen beizufügen ist. Handelt es

---

[1]) Siehe Heß, Centr.-Blatt f. d. gesamte Forstwesen 1878, S. 175. Hampel, Centr.-Blatt f. d. gesamte Forstwesen 1879, S. 309. Schütze, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1879, Bd. 10, S. 55. v. Schröder, Tharandter Forstl. Jahrbuch 1893, S. 137. Matthes, Bericht über die 27. Vers. Thür. Forstwirte 1900, S. 15. Jentsch, Forstwissensch. Centr.-Blatt 1901, S. 226. Möller, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1902, S. 204. Vater, Tharandter Forstl. Jahrbuch 1904, S. 111.

sich um Jungkulturen in regelmäßigem Einzelverbande, so wird eine Angabe im Lagerbuch über die bei der ersten Messung innegehaltene Reihenfolge der Pflanzplätze genügen, um bei späteren Messungen immer die gleiche Pflanze herauszufinden, ebenso um eine Kontrollmessung zu erleichtern. — Stehen die Pflanzen in regellosem Verbande, so ist jede Pflanze mit einem leichten Zinkblechschild zu versehen, auf dem fortlaufende Nummern eingeschlagen sind. Das Schild selbst ist mit biegsamem, verzinntem Eisendraht (sog. Biegedraht) für spätere Messungen leicht auffindbar zu befestigen. Dies erleichtert man sich, indem man das Schild am gleich alten, dem Gipfel nahegelegenen Quirl aufhängt, dessen Wachstumsrichtung wieder die gleiche ist, wie sie das Ansetzen des Maßstabes erfordert. (Bei Wiederholung der Aufnahme ist Draht und ein Satz Nummern zur Ergänzung mitzuführen. Der Nummernsatz ist daheim wieder zu vervollständigen.)

Für Bestände, deren Gehalt mit der Kluppe ermittelt werden kann, gelten die bekannten Vorschriften: Festlegung der Meßhöhe (1,30 m über Boden, an Berghängen erfolgt die Bestimmung der Meßhöhe an der Bergseite) auf der dem Wetter entgegengesetzten Seite durch Ölfarbenkreuz. Rechtwinkelig dazu ist der Punkt zu bezeichnen, an dem die Kluppe bei Messung des zweiten Durchmessers anzulegen ist. Über dem Kreuz ist die fortlaufende Numerierung anzubringen, geht diese über drei Stellen hinaus, so kann es nötig werden, die Ziffern, nach Paaren getrennt, untereinander zu stellen.

Schwierigkeiten erwachsen in der Bemessung des Düngungserfolges bei Saaten. Die Zahl der natürlichen Fehlerquellen ist schon an sich so erheblich, daß man sie ohne triftigen Grund nicht vermehren wird. Hier scheint aber ein Ausnahmefall vorzuliegen. Die Angaben über die Pflanzenzahl bei Saaten gehen zwar ziemlich auseinander,[1]) immerhin werden beispielsweise als Mittelzahl für Kiefern- oder Fichten-Saatbeete auf 1 Hektar fünf Millionen Stück angenommen. Bei 0,1 ha Größe der Versuchs-

---

[1]) Siehe v. Nachtrab, Anleitung zu dem neuen Kultur-Verfahren von Oberförster Biermanns. Dulk, Baur's Monatsschrift f. Forst- und Jagdwesen 1874, S. 296. Councler, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1882, S. 364. Schmitz-Dumont, Tharandt. Forstl. Jahrb., Bd. 44, 1894, S. 210. Schwappach, Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1891, S. 412. v. Schroeder, Tharandt. Forstl. Jahrbuch 1893, S. 138.

fläche wären also 500 000 Pflanzen zu kritisieren. Hier wird es sich empfehlen, nur einen oder mehrere Bruchteile der Fläche zur Messung heranzuziehen, deren Auswahl natürlich so zu treffen ist, daß Sicherheit für das Ergebnis einer Mittelzahl vorliegt.

Die Erhebungen sind je nach Dauer des Düngungsversuchs, mindestens bei dessen Abschluß zu wiederholen. Obwohl gegebenenfalls eine jährliche Messung die sichersten Resultate erwarten läßt, kann man doch später, da nur noch eine Messung der Gipfeltriebe nötig ist, die Wuchsresultate der Einzeljahre auf einmal aufnehmen; doch muß dies natürlich geschehen können, ohne die Genauigkeit zu beeinflussen.

Gewisse Versuchsziele werden dagegen verlangen, daß der Maßstab öfter angelegt wird. So z. B. wenn man untersuchen will, ob durch wiederholte Düngung ein Bestand früher in Schluß zu bringen ist. Wann wird die Düngung zu wiederholen sein? Da man über die Wirkungsdauer der Düngung im allgemeinen wenig unterrichtet ist, würde man damit dann einsetzen können, wenn unter normalen Verhältnissen die eingetretene Wuchssteigerung unverhältnismäßig abfällt; dies macht aber eine fortlaufende jährliche Messung bereits zwei bis drei Jahre nach Beginn des Versuches nötig.

Die Photographie ist kein exaktes Maß, sie hat nur Wert als Demonstrationsmittel in kritischer Hand und um das zu zeigen, was das Maß nicht veranschaulichen kann. Man wird gut tun, erneute Aufnahmen im gleichen Vegetationsstadium, bei gleicher Projektion und vom gleichen Punkte aus vorzunehmen.

Sofern der Düngungsversuch etwas mehr als lokale Bedeutung haben soll, ist eine möglichst genaue Darlegung der einzelnen Beobachtungen, welche das Resultat beeinträchtigen können, notwendig. Nur eine möglichst große Anzahl unter möglichst gleichen Versuchsbedingungen ausgeführter Düngungsversuche bietet einige Gewähr für die Ableitung praktischer Düngungsregeln.

Um die erhaltenen Resultate bequem vergleichen zu können, sind für die Einträge in das Lagerbuch verschiedene Formulare empfohlen worden.[1]) Das von Professor Dr. Vater aufgestellte, im folgenden abgedruckte Schema ist meines Erachtens am zweckmäßigsten.

---

[1]) Z. B. von der Hauptstation für forstl. Versuchswesen, Eberswalde; von dem Verein deutsch-österreich. Thomasphosphatfabriken, Berlin; von Vater, Tharandter Forstl. Jahrbuch 1904, S. 91 ff.

(1. Seite des Formulars.)

Formular der Kgl. sächs. Staatsforstverwaltung.

(Zusammengestellt von Vater, Tharandt. Forstl. Jahrb. 1904, S. 91.)

Formular A (verkleinert) **mit Mustereintrag.**

Versuche mit Düngung auszuführender Freikulturen.[1])

Königreich Sachsen. **Forstbezirk . . .**
Forstrevier . . . Abteilung . . .

Versuchsreihe III.[2])

Holzart: Kiefer.

Versuchsfrage: Ist es bei Kultivierung auf fast humusfreiem Sandboden vorteilhaft, Lupinengründüngung anzuwenden, oder genügt eine entsprechende Düngung ohne Lupinenzwischenbau?

Anzahl und Bezeichnung der Versuchsfelder: 11, A—L.[2])

Standortsbeschreibung.

Höhe über N. N.: 122 m. **Neigungsrichtung:** . . . **Neigungswinkel**[3]): x^0.

Besondere Verhältnisse der Lage und des Klimas: . . . .

Unmittelbare Umgebung: Gleichartige Kulturen, deren höchster Altersunterschied fünf Jahre beträgt.

Grundgestein: Flugsand ð.

Bodenprofil ausschließlich der Bodendecke (Bodenart, Bindigkeit und Feuchtigkeitsgrad der Bodenschichten): Der Boden gehört bis zu 1,2 m und wahrscheinlich noch tiefer zur gleichen Art: Reinsandiger, mittel- bis feinkörniger Sand, an der Oberfläche lose und dürr, in der Tiefe bindungslos bleibend, doch, besonders von 50 cm an, merklich fester gelagert und sich dem „frischen" Zustand nähernd. Nur die obersten 0,03 m sind hellgrau. Der darunter liegende Boden zeigt keine Gliederung und ist regellos wechselnd gelblich und bräunlich. Stellenweise finden sich neue Aufwehungen von 0,02 m Höhe.

Standortsgüte: Kiefer IV.

Wirtschaftszustand vor der Kultivierung: Ankaufsfläche von 1901; Räumde; die wenigen Kiefern und Birken sind im gleichen Jahre geräumt und die Stöcke gerodet worden.

Äusserer Bodenzustand vor der Kultivierung: Heidekraut, Renntiermoos und Weingärtneria (Aira) canescens Bernh. bedecken etwa in gleicher Menge nebst spärlichen ausgetrockneten Nadelresten und dergleichen den Boden dürftig.

Art der beabsichtigten Kultur:

Saat von 6 kg entflügeltem Samen auf 1 ha in Streifen von 1,3 m Mittenabstand. Bei den das übliche Verfahren darstellenden Kulturen (A, C, E, G, J, K, L)[2]) werden 40 cm breite Saat-

---

[1]) Je nach Versuchsfrage werden sich Änderungen im Text ergeben.

[2]) Siehe S. 115 ff.

[3]) Hier wäre meines Erachtens eine Angabe über Regenhöhe in kürzeren Zeitabschnitten, besonders während der Vegetationsdauer, einzufügen; desgleichen. Beobachtungen über Luftfeuchtigkeit, Temperatur- und Grundwasserverhältnisse

streifen mit der Hacke vom Bodenüberzug, der neben die Streifen gelegt wird, befreit und 10 cm tief gelockert. Nach Umpflügen (B, D, F, H) wird der Boden an den Stellen der Streifen mit eisernem Rechen verwundet.

(2. Seite des Formulars.)

Forstrevier . . . **Versuchsreihe III.**

(Nur 1 Beispiel.) **Versuchsfeld B.** **Grösse** 0,1 ha.

Beabsichtigte besondere Behandlung (Düngermengen sind in kg für 1 ha anzugeben): Volldüngung unter Anwendung von Lupinengründüngung; keine zweite Düngung bei der Kiefernsaat. 2000 kg Rohkalksteinmehl, 1000 kg Kainit, 1000 kg Thomasphosphatmehl, 200 kg Samen von gelben Lupinen, 50 kg schwefelsaures Ammoniak zum Antreiben der Lupinen.

Ausführung und Kosten.	Kosten für 1 ha			
	Sämtliche Erfordernisse ausschliessl. Dünger[1])		Dünger	
	M.	Pf.	M.	Pf.
1901. Oktober, 15. Pflügen 25 cm tief . .	24	—	—	—
1901. Oktober, 16. Breitwürfiges Ausstreuen von:				
2000 kg Rohkalksteinmehl (90 %) . . .	1	25	24	80
1000 „ Kainit (12,5 %)	1	—	26	45
1000 „ Thomasphosphatmehl (14 %) . .	1	—	34	10
1901. Oktober, 17. Untereggen der Dünger	3	—	—	—
1902. April, 10. Lupinensamen (Keimkraft 80 %)	—	—	34	—
Säen (— M. 75 Pf.) und Untereggen (3 M. — Pf.)	3	75	—	—
1902. Mai, 6. Ausstreuen von 50 kg schwefelsaurem Ammoniak (20,5 %)	—	75	15	—
1902. September, 25. Walzen der Lupinen .	12	—	—	—
Unterbringen der Lupinen durch 25 cm tiefes Pflügen	24	—	—	—
1903. April, 17. Kiefernsamen (Keimkraft 50 %)	24	—	—	—
Ausstreuen und Unterbringen	10	—	—	—

[1]) Da diese „Erfordernisse“ verschieden sind, wäre es zu raten, sie auch nach Arbeitsstunden aufzulösen.

(3. Seite des Formulars.)

Entwickelung der Kultur:

Jahr	Anzahl der gezählten und Anzahl der gemessenen Pflanzen	Anzahl der Pflanzen auf 1 ha	Mittlere Höhe cm	Bemerkungen über: a) Änderung des äusseren Bodenzustandes, b) Schädigungen durch Witterungseinflüsse, c) Aussehen der Pflanzen, d) andere Beobachtungen.
1903	—	—	—	a) Infolge des Umstürzens unbedeckt. b) —. c) Kräftig, Färbung normal. d) —.

(4. Seite des Formulars.)

Fernere Bemerkungen.

Tagelöhne 1901/03: Mann 2,50 M.; Frau 1,50 M.; zweispänniger Pflug mit 2 Mann Bedienung 12,00 M.; zweispännige Egge mit 1 Mann Bedienung 9,00 M. Die Dünger wurden von einem Waldarbeiter ausgestreut. — Damit die Kulturen auf den verschiedenen Versuchsfeldern im gleichen Alter bei gleicher Witterung wachsen, wurden alle Versuchsfelder gleichzeitig im Jahre 1903 mit Kiefern besät, obgleich jene ohne Gründüngung bereits 1902 hätten besät werden können. Daß die Gründüngungskulturen ein Betriebsjahr mehr erfordern, ist bei deren Beurteilung zu berücksichtigen.

(Ort für die Kopie der Abteilung mit Einzeichnung der Versuchsfelder.)

Auch des „Topfversuches"[1]) wird man als Versuchsmethode für gewisse forstliche Zwecke nicht entraten können. Man wird einen Topfversuch anstellen, wo es gilt, sich über das Düngerbedürfnis dieser oder jener Forstpflanzen, die Wirkung dieses oder jenes Düngemittels zu vergewissern; man wird ferner dadurch einen Anhalt gewinnen können, ob in einem Boden mehr die physikalischen oder die chemischen Faktoren eine natürliche Verjüngung erschweren,[2]) das Anwachsen der Sämlinge hemmen, man wird die Wirkung von Düngemitteln bei Jugendkrankheiten erproben können usw. Die Anstellung von Parallel-Versuchen, die ja bei großer Flächenzahl im freien Felde besondere Schwierigkeiten hat, ist erleichtert; auch die Resultate stimmen im allgemeinen gut überein. Selbstverständlich können diese letzteren nicht ohne weiteres aufs freie Land übertragen werden, selbst wenn der Versuch im Freien zu Ende geführt wurde. Die Ergebnisse des Topfversuches verlangen eine Nachprüfung durch den Freilandversuch, der nur oft genug andere Resultate bringen wird.

Auf einen Fehler, der im landwirtschaftlichen Versuchswesen häufig untergelaufen ist, sei hier noch besonders aufmerksam gemacht,

---

[1]) Als Versuchsgefäße wird man aber für Waldböden im allgemeinen nicht Metallgefäße benutzen können, weil gelegentlich vorhandene freie Humussäuren in Verbindung mit dem Metall giftig auf die Versuchspflanzen einwirken können. Gefäße von Glas oder unglasiertem Ton erscheinen geeigneter.

[2]) Zu diesem Zwecke wurde hier beispielsweise nach einer Methode verfahren, über die ich vorläufig folgendes mitteile:

Die Versuchsanlage abstrahiert vom Gesetz des Minimums und der Annahme, daß junge Pflanzen, wenn man ihnen diesen oder jenen Nährstoff nicht mehr zuführt, nach gewisser Zeit (in der ersten oder zweiten Vegetationsperiode?) eingehen, trotz einer etwaigen vorherigen Vorratsaufnahme. Hier waren einjährige Tannen Versuchsobjekte. Soll auf sechs Nährstoffe untersucht werden (K = Kali, Ca = Kalk, P = Phosphor, N = Stickstoff, S = Schwefel, Mg = Magnesia), so füllt man sieben neue, gleich große, innen glasierte Blumentöpfe (15 bis 20 cm oberer Durchmesser) mit gleichen Mengen eines von Nährstoffen befreiten Sandes. In jeden Topf setzt man eine gleiche Anzahl gleicher Pflanzen aus dem vermutlich kranken, bzw. nährstoffarmen Boden und daneben, gut bezeichnet, die gleiche Anzahl aus gesundem, nährstoffreichem Boden (Pflanzgarten). Von den sieben Töpfen enthält einer alle obigen sechs Nährstoffe, bei den anderen sechs fehlt abwechselnd einer. Die Nährstoffe werden, teils in fester Form dem Boden vorher beigemischt, teils gelöst, zum Begießen in folgender Art

damit er im forstlichen Versuchswesen nicht breiteren Boden gewinnt. Baumann[1]) hat neuerdings besonders darauf hingewiesen, wie Versuchsansteller mit Düngemitteln arbeiteten, die eigentlich zwei wirkende Stoffe enthielten, deren Wirkung man aber nur dem einen anrechnete. So hat man nach ihm Versuche mit Handelsphosphaten gemacht, um deren Phosphorsäurewirkung zu erproben, und unterließ es, dabei gleichzeitige Versuche darüber

---

verwendet: (s. a. Möller, Karenzerscheinungen b. d. Kiefer, Zeitschrift f. Forst- u. Jagdw. 1904, S. 745).

Zur Erziehung der Pflanzen unter Ausschluss von	sind dem Sande der Kulturtöpfe beizumischen auf 1 kg	Ferner sind die Kulturtöpfe jeden zweiten Tag mit einem N-freien destill. Wasser zu begießen, in welchem nach Zusatz weniger Tropfen Fe_2Cl_6 zu lösen sind auf 100 l:
N	2 g $CaHPO_4$	1,25 g KCl + 2,5 g $MgSO_4$
P	2 g $CaCO_3$	20 g $NaNO_3$ + 1,25 g KCl + 2,5 g $MgSO_4$
S	2 g $MgNH_4PO_4$ + 2 g $CaCO_3$	20 g $NaNO_3$ + 1,25 KCl
Mg	2 g $CaHPO_4$ + 0,5 g $CaSO_4$	20 g $NaNO_3$ + 1,25 KCl
K	2 g $MgNH_4PO_4$ + 0,5 g $CaSO_4$	20 g $NaNO_3$
CaO	2 g $MgNH_4PO$	20 g $NaNO_3$ + 1,25 g KCl + 2,5 g $MgSO_4$
z. Erziehung mit allen Nährstoffen	2 g $MgNH_4PO_4$, 2 g $CaCO_3$, 0,5 g $CaSO_4$	20 g $NaNO_3$ + 1,25 g KCl

Die Feuchtigkeit wird durch Begießen mit der Nährlösung auf 50% der vollen Sättigungskapazität gehalten, jeden zweiten Tag ergänzt man die fehlenden Mengen.

Diese Versuchsanordnung läßt erwarten, daß bei wirklichem Nährstoffmangel diejenigen Pflanzen am frühesten eingehen werden, denen im Topf der gleiche Nährstoff entzogen blieb, der mangels geringen Vorrats im Boden sich so wie so nur als „Minimum"-Nährstoff am Aufbau des Pflanzenkörpers beteiligen konnte. Sterben aber die beigegebenen, als gut ernährt geltenden Pflanzen früher ab, so kann man annehmen, daß für den betreffenden Stoff im nährstoffarm angesprochenen Boden kein Mangel besteht.

[1]) Baumann, Naturwissenschaftl. Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft 1903, S. 33, 110, 473. Ähnliches hat Wagner bereits 1880 gerügt, siehe Journ. f. Landwirtschaft 1880, S. 9. Nur wird man bei Düngungsversuchen die Schwierigkeiten, die sich aus der Zusammensetzung der Düngemittel ergeben, nie ganz heben können.

anzustellen, welchen Anteil an der Gesamtwirkung der Kalkmenge zufällt, die jene Phosphate enthielten. Baumann verlangt für derartige Zwecke, beispielsweise bei Anwendung von Superphosphat zu Düngungsversuchen, dessen Nebengehalt an Gips gemäß, eine Extraparzelle mit einer entsprechenden Zufuhr von Gips, bei Verwendung von Thomasmehl gleiches für dessen Gehalt an Ätzkalk usw.

Nicht unerwähnt soll hierbei bleiben, daß man häufig Gelegenheit genommen hat, ein „Kali"-Bedürfnis einer Versuchspflanze auf einem gewissen Boden zu bestimmen, indem man demselben vergleichsweise Kainit zuführte. Man zog Folgerungen daraus für die Praxis, obwohl der Versuch eigentlich so nur erweisen konnte, ob der Boden (die Pflanze) durch Zuführung von „Kainit" einen Mehrertrag gibt. Gerade für dieses Düngemittel hat man häufig wahrgenommen, daß seine Nebenbestandteile (besonders auf kalkarmen Böden) manche Pflanzen mehr benachteiligen, als der Kaligehalt selbst bei Kalihunger Vorteil schaffen kann.[1]) Diese Nachteile müssen sich natürlich da mehren, wo Kainit in größeren Mengen verwendet wurde, als für den vorliegenden Kalibedarf überhaupt nötig war. Die sich hieraus ergebenden Schwierigkeiten werden jedem deutlich sein: darf die zugeführte Menge wegen der eventuellen nachteiligen Wirkungen eine gewisse Höhe nicht überschreiten, muß sie doch so groß sein, daß sie dem vorliegenden Bedarfe nahe genug kommt, um beim Düngungsversuch Kalihunger als solchen zu kennzeichnen. Wie man bei der Bemessung der Düngermenge weiter Rücksicht nehmen muß auf Pflanze, Standort, Versuchsdauer und auf die Verluste, die eine Dungzufuhr erleidet durch Verwaschen, Unlöslichwerden usw., ist bereits S. 101 gesagt worden. Da der wirtschaftliche Grundsatz ferner verlangt, so billig als möglich zu wirtschaften, wird man, wo dies eben wirtschaftlich nötig ist, einen zweiten Düngungsversuch nach „Düngermenge" dem ersten, orientierenden Düngungsversuch (Bestimmung eines Nährstoffmangels überhaupt) folgen lassen. Hätte der letztere beispiels-

[1]) Umgekehrt berichtet Wagner (Jahrb. d. Deutsch. Landw.-Ges. 1902, S. 14.) einen Fall, wo Kainit bei Futterrüben lediglich durch seinen Gehalt an Kochsalz (NaCl) günstig gewirkt hatte. Man sieht daraus, wie nötig es ist, möglichst „reine" Düngemittel zu ver wenden.

weise ergeben, daß dem Boden Kali mangelte, und gelte es, dies Bedürfnis durch Kainitzufuhr zu befriedigen und die gerade nötige Höhe dieser Zufuhr zu ermitteln, so würde man die Menge als Mittel annehmen, die beim ersten Versuch angewandt wurde, und versuchen, ob sich der Erfolg bei Erhöhung dieser Menge verstärkt, oder ob er gleich bleibt, wenn man sie vermindert.

Ist es aber nötig, für den Mengeversuch ein anderes Kalidüngemittel zu verwenden, so muß man nach dem Prozentgehalt und der Menge des bereits versuchten Kalidüngers die Gesamtzufuhr an Kali (K_2O) berechnen. Diese Summe, geteilt durch den prozentischen Reingehalt des neuen Kalidüngemittels, und multipliziert mit 100, würde auch die neue Mittelmenge ergeben. Wenn sich beide in der Wirkung nicht vollkommen decken, so ist dies nicht verwunderlich; Nebenbestandteile, Bindung derselben und des Hauptbestandteils, Lagerung der Atome im Raume usw. können Unterschiede bedingen. Selbst wenn das Düngerbedürfnis der Versuchspflanze bekannt ist, können lokale Eigentümlichkeiten (Klima, Boden usw.) verschiedene Wirkung hervorrufen, deshalb haben die Resultate eines Düngungsversuches zunächst nur örtliche Bedeutung.

Der Versuchsplan muß den Standortsfaktoren und der Versuchspflanze angepaßt sein.

Aus diesen Darlegungen geht hervor, daß nur peinlich genau durchgeführte Düngungsversuche für Wissenschaft und Praxis von Wert sind. Auch die Angaben darüber, wie die Resultate erhalten wurden, müssen so ausführlich sein, daß es jedem möglich ist, den Versuch nachzumachen; Aufwand an Zeit und Mühe können kein Hindernis sein. Was Davy[1]) 1814 bereits als wesentlich für solche Versuche ansah, ist noch heute beachtenswert: „Es fehlt an nichts so sehr, um den Ackerbau zu dem höchsten Grade von Vollkommenheit zu bringen, als an Versuchen, in welchen alle Umstände bis in die kleinsten Details und wissenschaftlich in acht genommen sind. Wie bei allen physikalischen Untersuchungen, so müssen auch hier alle Ursachen in Erwägung gezogen werden.“ Was nach diesem bedeutenden Naturforscher für Feldversuche gilt, hat natürlich gleichermaßen Geltung für den Wald.

[1]) Davy, Elemente d. Agrikulturchemie, Berlin 1814, S. 28, zit. nach Mulder, Chemie d. Ackerkrume, Berlin 1863, Bd. 3, S. 49.

Tabelle I.

Nährstoffverbrauch in Forst(und Land-)wirtschaft.

(Nach Danckelmann, Die Ablösung der Waldgrundgerechtigkeiten, 1888, 3. Teil, S. 39.)

Wirtschaftsart	Jahresertrag Nutzungs- Art	Jahresertrag Nutzungs- Größe	Durch einen Jahresertrag werden dem Boden auf 1 ha entzogen Kilogramm: Stickstoff	Reinasche	Kali K_2O	Kalk CaO	Magnesia MgO	Eisen Fe_2O_3	Phosphorsäure P_2O_5	Schwefelsäure SO_3	Kieselsäure SiO_2
Eichen-Schälwald, 20jähr. Umtrieb . . .	Rinde, Holz	—	—	56,7	9,4	31,9	5,9	—	6,3	1,2	0,8
Rotbuchen-Hochwald, 120jähr. Umtrieb, I. Ertragsklasse	Holz (ohne Stockholz)	7,0 fm H.-E.[1]) 2,5 „ V.-E.[1]) 9,5 „ G.-E.[1])	10,8	44,7	9,8	20,0	5,1	—	3,7	—	2,2
„ „ II. „	„	5,9 fm H.-E. 2,1 „ V.-E. 8,0 „ G.-E.	9,3	38,0	8,3	17,0	4,3	—	3,2	—	1,9
„ „ III. „	„	4,6 fm H.-E. 1,6 „ V.-E. 6,2 „ G.-E.	7,6	31,3	6,8	13,9	3,6	—	2,7	—	1,7
100jähr. „ IV. „	„	3,6 fm H.-E. 1,2 „ V.-E. 4,8 „ G.-E.	6,6	26,5	5,7	11,6	3,0	—	2,5	—	1,6
„ „ V. „	„	2,4 fm H.-E. 0,8 „ V.-E. 3,2 „ G.-E.	4,9	18,7	3,9	8,2	2,2	—	1,8	—	1,1
Rotbuchen-Hochwald, I.-III. Ertragsklasse in 21—40jähr. Beständen	Streu, jährl. Nutzung	35 mZtr. à 100 kg lufttrocken	46,9	265,2	10,4	86,2	12,7	5,4	11,0	3,8	63,6
„ 41—60 „ „	„	42 „ do.	53,3	318,2	12,5	103,4	15,3	6,5	13,2	4,6	76,3
„ 61—80 „ „	„	46 „ do.	61,6	345,5	13,5	112,8	16,6	7,0	14,3	5,0	83,4
„ 81—100 „ „	„	50 „ do.	67,0	378,8	14,9	123,1	18,2	7,7	15,7	5,5	90,8
„ über 100 „ „	„	45 „ do.	60,3	340,9	13,4	110,8	16,4	6,9	14,1	4,9	81,7

Rotbuchen-Hochwald, IV. u. V. Ertragskl.											
in 41—60jähr. Beständen	Streu, jährl. Nutzung	35 mZtr. à 100 kg lufttrocken	46,9	265,2	10,4	86,2	12,7	5,4	11,0	3,8	63,6
„ 61—80 „ „	„	39 „ do.	52,3	295,5	11,8	96,0	14,2	6,0	12,3	4,3	70,8
„ 81—100 „ „	„	42 „ do.	53,3	318,2	12,5	103,4	15,3	6,5	13,2	4,6	76,3
Weißbuche	Holz	4,5 fm G.-E.	—	29,8	3,7	20,0	1,3	0,3	2,2	1,1	0,4
Schwarzerle, 60jähr. Umtrieb	„	4,5 „ „	—	18,0	2,0	12,0	0,7	—	1,5	0,9	0,4
Birke, 50jähr. Umtrieb	„	4,1 fm H.-E. 1,2 „ V.-E. 5,3 „ G.-E. außerdem 0,6 fm Stockholz	7,2	12,3	2,3	3,9	1,7	0,2	1,3	0,1	0,9
Korbweiden, 1jähr.											
Salix viminalis, Tonlehm	Holz und Rinde frisch	797 Ztr. à 50 kg	85,0	—	61,9	105,8	10,2	—	26,0	—	—
„ „ Torfboden . . .	„	347 „ „	47,5	—	22,1	50,7	9,2	—	7,7	—	—
„ amygdal., Tonlehm	„	693 „ „	100,4	—	61,3	60,2	19,7	—	22,6	—	—
„ „ Torfboden . . .	„	651 „ „	123,0	—	55,0	56,9	20,8	—	26,6	—	—
„ purp. vim. Tonlehm	„	571 „ „	82,7	—	28,2	69,8	13,7	—	16,2	—	—
„ „ „ Torfboden . . .	„	309 „ „	40,5	—	17,6	42,9	6,4	—	10,4	—	—
„ purpurea, Tonlehm	„	397 „ „	36,3	—	19,6	58,7	7,0	—	18,3	—	—
„ „ Torfboden . . .	„	373 „ „	50,0	—	20,0	54,0	6,9	—	11,3	—	—
„ caspica, Tonlehm	„	138 „ „	18,6	—	8,8	13,6	3,2	—	2,7	—	—
„ „ Torfboden	„	170 „ „	20,7	—	10,1	13,6	2,2	—	6,8	—	—
Kiefer, I. Ertragsklasse, 120jähr. Umtrieb	Holz mit Nadeln	5,7 fm H.-E. 2,5 „ V.-E. 8,2 „ G.-E.	7,8	15,0	2,3	7,7	1,5	—	1,0	—	0,7
„ II. „ 120 „ „	„	4,5 fm H.-E. 1,9 „ V.-E. 6,4 „ G.-E.	6,3	12,0	1,9	5,6	1,2	—	0,9	—	0,6

[1]) H.-E. = Haupt-Ertrag, V.-E. = Vor-Ertrag, G.-E. = Gesamt-Ertrag.

Tabelle I (Fortsetzung).

Wirtschaftsart	Jahresertrag Nutzungs- Art	Jahresertrag Nutzungs- Größe	Stickstoff	Beinasche	Kali K_2O	Kalk CaO	Magnesia MgO	Eisen Fe_2O_3	Phosphorsäure P_2O_5	Schwefelsäure SO_3	Kieselsäure SiO_2
			Durch einen Jahresertrag werden dem Boden auf 1 ha entzogen Kilogramm								
Kiefer, III. Ertragsklasse, 120jähr. Umtrieb	Holz mit Nadeln	3,5 fm H.-E. 1,5 „ V.-E. 5,0 „ G.-E.	5,3	10,0	1,6	5,0	1,0	—	0,7	—	0,5
„ IV. „ 90 „ „	„	3,2 fm H.-E. 1,3 „ V.-E. 4,5 „ G.-E.	5,5	11,0	1,7	4,9	1,0	—	0,8	—	0,5
„ V. „ 90 „ „	„	2,6 fm H.-E. 1,0 „ V.-E. 3,6 „ G.-E.	5,2	9,1	1,7	4,4	0,9	—	0,8	—	0,5
Kiefer, I.—III. Ertragsklasse,											
in 21—40jähr. Beständen	Streu, jährl. Nutzung	33 mZtr. à 100 kg lufttrocken	39,6	48,3	5,0	19,6	5,0	1,6	3,8	1,7	6,8
„ 41—60 „ „	„	32 „ do.	38,4	46,9	4,9	19,0	4,8	1,6	3,7	1,7	6,6
„ 61—80 „ „	„	32 „ do.	38,4	46,9	4,9	19,0	4,8	1,6	3,7	1,7	6,6
„ 81—100 „ „	„	31 „ do.	37,2	45,4	4,7	18,4	4,7	1,5	3,6	1,6	6,4
„ über 100 „ „	„	30 „ do.	36,0	44,0	4,6	17,9	4,5	1,5	3,5	1,6	6,2
Kiefer, IV. und V. Ertragsklasse,											
in 21—40jähr. Beständen	Streu, jährl. Nutzung	24 mZtr. à 100 kg lufttrocken	22,6	41,8	1,9	10,2	1,4	1,2	3,2	0,3	12,0
„ 41—60 „ „	„	23 „ do.	21,6	40,1	1,9	9,8	1,3	1,1	3,0	0,3	11,5
„ 61—80 „ „	„	22 „ do.	20,7	38,4	1,8	9,4	1,3	1,1	2,9	0,3	11,0
„ 81—100 „ „	„	20 „ do.	18,8	34,9	1,6	8,5	1,1	1,0	2,6	0,3	10,0
„ über 100 „ „	„	19 „ do.	17,9	33,1	1,2	8,1	1,1	0,9	2,5	0,2	9,5
Fichte, I. Ertragsklasse, 120jähr. Umtrieb	Holz mit Nadeln	9,2 fm H.-E. 8,9 „ V.-E. 18,1 „ G.-E.	13,7	34,6	5,2	15,9	2,6	—	2,0	—	1,0

Fichte, II. Ertragsklasse, 120jähr. Umtrieb	Holz mit Nadeln	7,9 fm H.-E. 3,2 „ V.-E. 11,1 „ G.-E.	12,6	32,5	4,9	13,8	2,4	—	2,0	—	1,9
„ III. „ 120 „ „	„	6,3 fm H.-E. 2,4 „ V.-E. 8,7 „ G.-E.	10,9	28,8	4,3	11,3	2,2	—	1,8	—	0,9
„ IV. „ 100 „ „	„	4,4 fm H.-E. 1,7 „ V.-E. 6,1 „ G.-E.	9,4	26,1	3,9	8,5	2,0	—	1,8	—	0,5
Fichte, I.—IV. Ertragsklasse in 21—40jähr. Beständen	Streu, jährl. Nutzung	31 mZtr. à 100 kg lufttrocken	32,9	140,3	5,0	62,8	7,2	3,0	6,6	2,2	51,3
„ 41—60 „ „	„	37 „ do.	39,2	167,5	6,0	75,0	8,9	3,4	7,9	2,6	61,2
„ 61—80 „ „	„	38 „ do.	40,3	172,0	6,1	77,0	8,8	3,5	8,1	2,7	62,9
„ 81—100 „ „	„	36 „ do.	38,2	163,0	5,8	73,0	8,4	3,4	7,7	2,5	59,4
„ über 100 „ „	„	34 „ do.	36,0	153,9	5,5	68,9	7,9	3,2	7,3	2,4	56,3
Weißtanne, 90jähr. Umtrieb	Holz	7,1 fm H.-E. 4,0 „ V.-E. 11,1 „ G.-E.	13,3	39,4	10,0	4,7	3,2	1,4	3,1	1,7	2,1
	Streu	2,8 fm Stockholz	32,8	116,5	8,6	79,6	8,3	—	9,2	3,1	7,7
Nach Ramann, Forstl. Bodenkunde und Standortslehre, 1893:											
Eiche (Traubeneiche) im 10. Jahre . . .	Holz	13 fm	—	10,9	2,3	6,3	0,96	—	0,73	—	—
„ „ „ 20. „ . . .	„	47 „	—	19,2	3,0	12,4	1,3	—	1,4	—	—
„ „ „ 50. „ . . .	„	156 „	—	27,5	3,1	20,8	1,0	—	1,1	—	—
„ „ „ 370. „ . . .	„	740 „	—	8,8	1,7	5,6	0,4	—	0,4	—	—
Mineralstoffbedarf 1jähriger Holzpflanzen:											
Fichte (nach Schütze [Councler], Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen 1882, S. 364) .		6 Mill. Stück	—	—	1,35	5,31	0,63	—	1,21	—	—
Kiefer (nach Dulk, Landw. Vers.-Stat. 1875, S. 173. Quantum auf $^1/_5$ reduziert) .		5 Mill. Stück	—	—	4,6	3,9	0,7	—	2,2	—	—
Buche (nach Dulk, Vers.-Stat. 1875, S. 173, abzügl. Samengehalt nach Hornberger, Landw. Vers.-Stat. 1889, S. 333)		5 Mill. Stück	—	—	22,0	47,9	7,4	—	12,6	—	—

Tabelle I (Fortsetzung).

Wirtschaftsart	Jahresertrag Nutzungs- Art	Jahresertrag Nutzungs- Größe	Stickstoff	Reinasche	Kali K_2O	Kalk CaO	Magnesia MgO	Eisen Fe_2O_3	Phosphorsäure P_2O_5	Schwefelsäure SO_3	Kieselsäure SiO_2
			Durch einen Jahresertrag werden dem Boden auf 1 ha entzogen Kilogramm								
Landwirtschaftliche Produkte:											
Winter-Weizen	Körner	1600 kg	32,5	27,0	8,5	1,0	3,2	—	12,6	0,2	0,6
	Stroh	3200 „	15,4	147,5	20,2	8,6	3,5	—	7,0	3,5	99,8
		4800 „	47,9	174,5	28,7	9,6	6,7	—	19,6	3,7	100,4
Winter-Roggen	Körner	1400 kg	24,6	25,1	7,8	0,7	2,9	—	11,8	0,3	0,6
	Stroh	3900 „	15,6	158,0	30,4	13,7	4,3	—	8,2	4,3	89,3
		5300 „	40,2	183,1	38,2	14,4	7,2	—	20,0	4,6	89,9
Gerste	Körner	1600 kg	25,6	35,5	7,2	1,0	3,0	—	12,3	0,6	9,8
	Stroh	2200 „	14,1	90,9	20,7	7,0	2,4	—	4,2	3,3	47,3
		3800 „	39,7	126,4	27,9	8,0	5,4	—	16,5	3,9	57,1
Hafer	Körner	1300 kg	25,0	35,1	5,7	1,3	2,5	—	8,1	0,5	15,6
	Stroh	2500 „	14,0	101,0	22,3	9,0	4,0	—	4,8	3,3	49,0
		3800 „	39,0	136,1	28,0	10,3	6,5	—	12,9	3,8	64,6
Kartoffeln	Knollen	15000 kg	51,0	141,0	85,5	3,0	6,0	—	24,0	9,0	3,0
	Kraut	7500 „	36,8	147,8	32,3	48,0	24,8	—	12,0	9,8	6,8
		22500 „	87,8	288,8	117,8	51,0	30,8	—	36,0	18,8	9,8
Rotklee	Heu	4000 kg	78,8	227,6	73,2	80,0	24,4	—	22,4	6,8	5,6
Wiesenheu	„	4000 kg	62,0	206,0	52,8	34,4	13,2	—	16,4	9,6	55,6

Tabelle II.

	1000 Gewichtsteile lufttrockene Substanz enthalten Gewichtsteile										Anmerkungen
	Wasser	Stickstoff	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphorsäure	Schwefelsäure	Kieselsäure	Chlor	
Streumaterialien.											
Besenpfriem	250	—	4,8	0,3	2,2	1,6	1,1	0,4	1,3	0,2	Nach Krafft, Landwirtsch. Lexikon, Berlin 1888, S. 128, u. Stutzer in Mentzel u. v. Lengerkes Landw. Kalender 1905. Beide stützen sich auf E. Wolff, Aschen-Analysen, 1. u. 2. Teil, Berlin 1871 u. 1880. Ein Strich (—) an Stelle einer Zahl bedeutet nach Wolff, dass der betreffende Stoff entweder gar nicht oder nur in „Spuren" vorhanden war, oder auch, dass derselbe von dem Analytiker als Bestandteil der Asche nicht mit aufgeführt worden ist.
Binsen	140	—	16,9	4,7	4,2	3,0	4,3	2,0	11,8	7,3	
Buchenblätter im August	560	13,0	4,4	0,4	6,3	1,6	1,8	0,5	6,2	—	
Buchenlaubstreu . . .	140	10,0	2,3	0,5	21,2	3,1	2,4	1,0	14,5	—	
Eichenlaubstreu . . .	140	10,0	3,5	1,3	17,1	4,3	2,0	0,9	15,4	—	
Farnkraut	250	—	18,6	1,8	5,6	3,1	3,7	1,7	10,0	3,7	
Fichtennadelstreu . . .	126	9,0	1,3	0,4	16,0	1,8	2,0	0,6	18,1	—	
Heidekraut	200	10,0	2,1	1,1	3,6	1,6	1,1	0,7	4,3	0,4	
Kiefernnadelstreu . . .	135	8,0	1,3	0,5	4,6	1,2	1,0	0,5	1,8	—	
Lärchennadelstreu . .	140	—	1,6	0,5	7,5	2,4	1,3	0,6	19,6	—	
Moos	250	10,5	3,4	1,4	2,9	1,3	1,6	1,1	5,5	0,7	
Riedgräser	140	—	20,2	4,4	3,6	2,6	4,2	2,0	18,8	3,8	
Rohrschilf	180	—	6,0	0,2	2,7	0,9	1,8	0,8	20,0	1,2	
Seegras	150	16,4	17,7	31,0	20,9	12,5	4,2	34,7	2,9	24,2	
Tannennadelstreu . . .	132	—	2,7	0,5	19,5	2,3	2,7	0,8	2,5	—	
Tannenschneidelstreu .	150	—	7,4	1,8	10,8	2,0	3,0	1,4	0,8	—	
Kleearten, Hülsenfrüchte usw. (Gründüngungspflanzen).											
Ackerspörgel	800	3,7	4,7	1,1	2,6	1,6	2,0	0,5	0,2	1,1	Die Angaben beziehen sich auf Frischgewicht (ohne Wurzeln).
Buchweizen i. d. Blüte .	850	3,9	3,8	0,3	5,0	1,6	0,8	0,5	0,1	0,1	
Erbsen, grün	815	5,1	5,2	0,5	3,5	1,4	1,5	1,1	0,2	0,4	
Esparsette i. d. Blüte .	800	5,1	3,1	0,4	4,0	0,7	1,1	0,3	0,9	0,4	
Inkarnatklee	815	4,3	2,6	1,0	3,6	0,7	0,8	0,3	1,8	0,4	
Kleegras	750	5,3	7,6	0,3	1,7	0,7	1,6	0,8	3,3	0,3	
Lupine, grün	850	5,0	1,5	0,5	1,6	0,6	1,1	0,4	0,4	1,1	
Luzerne, Anfang d. Blüte	740	7,2	4,5	0,3	8,5	0,9	1,6	1,1	1,8	0,6	
Rotklee in Knospe . .	820	5,3	5,5	0,3	4,5	1,6	1,5	0,4	0,4	0,5	
„ in Blüte	800	4,8	4,4	0,3	4,8	1,5	1,3	0,4	0,4	0,5	
Schwed. Klee	820	5,3	2,4	0,3	2,9	1,1	0,9	0,4	0,3	0,5	
Serradella i. d. Blüte .	800	4,8	7,7	0,4	4,3	0,7	2,2	0,8	1,7	0,5	
Weißklee i. d. Blüte . .	805	5,6	3,1	1,0	4,3	1,4	1,8	1,1	6,6	0,6	
Wundklee i. d. Blüte .	830	4,5	3,0	0,1	5,7	0,5	1,0	0,2	0,4	0,1	

Tabelle III.

Zusammensetzung von Rohhumus und Moor.

(Analysen von Emmerling und Loges, siehe Wollny, Die Zersetz. d. org. Stoffe, Heidelberg 1897, S. 224.)

100 Teile Trockensubstanz enthalten Teile:

	Buchen-Rohhumus auf Lehm		Saurer Buchen-Rohhumus		Heide-Rohhumus auf Sand		Rohhumus unter gemischtem Laubholz auf Sand	
	Im ganzen	In Wasser löslich	Im ganzen	In Wasser löslich	Im ganzen	In Wasser löslich	Im ganzen	In Wasser löslich
Gebundenes Wasser . .	3,05	—	2,93	—	2,10	—	3,87	—
Humus . . .	7,44	0,368	63,16	0,107	6,30	0,833	14,70	0,845
Stickstoff . .	0,37	0,0075	1,47	0,0372	0,14(5)	0,007	0,59(1)	0,022
Mineralstoffe .	89,14	0,325	32,44	0,741	91,46	0,076	80,84	0,265
	100,00	—	100,00	—	100,00	—	100,00	—
In den Mineralstoffen:								
Kali	1,426	0,0086	0,399	0,0081	0,594	0,0010	0,711	0,0019
Natron . . .	0,668	0,0033	0,347	0,0103	0,649	0,0015	0,517	0,0023
Kalk	1,247	0,0079	0,194	0,0007	0,466	0,0014	0,526	0,0023
Magnesia . .	1,357	0,0007	0,149	0,0007	0,310	0,0007	0,355	0,0012
Eisenoxyd . .	2,346	0,0023	0,292	0,0088	0,200	0,0003	1,285	0,0025
Tonerde . . .	11,037	—	2,879	—	3,374	—	7,854	—
Phosphorsäure	0,143	0,0003	0,091	0,0169	0,026	0,0007	0,073	0,0013
Schwefelsäure.	0,570	0,0098	0,087	0,0052	0,073	0,0017	0,308	0,0042
Kieselsäure. .	71,064	0,0043	28,058	0,0060	86,521	0,0005	68,683	0,0063

100 Teile Humussubstanz enthalten Stickstoff:

Buchen-Rohhumus auf Lehm	Saurer Buchen-Rohhumus	Heide-Rohhumus auf Sand	Rohhumus unter gemischtem Laubholz auf Sand
4,969	2,321	2,301	4,025

Tabelle III (Fortsetzung).

(Nach E. Ramann, Die Waldstreu, Berlin 1890, S. 29, siehe auch Wollny, Die Zersetzung d. org. Stoffe, Heidelberg 1897, S. 225.)

1000 Teile Trockensubstanz enthalten:

	Kiefern-Rohhumus, Biesenthal			Kiefern-Rohhumus, Lauenbrück (Hann.)	Buchen-Rohhumus, Glashütte	Gemischter Rohhumus, Hohenbrück	Heide-Rohhumus (Heidetorf), Apenrade
Kali	0,655	0,242	0,514	0,283	0,404	0,921	0,781
Natron	0,042	0,242	0,119	0,325	0,160	0,059	0,890
Kalk	2,623	1,450	1,785	2,130	1,306	3,090	2,393
Magnesia	0,116	0,524	0,606	1,280	2,600	1,302	0,984
Tonerde	6,105	3,507	4,869	10,700	7,410	6,402	10,094
Eisenoxyd	3,227	1,731	1,300	3,280	1,150	3,565	4,879
Manganoxydul	0,104	0,443	0,210	0,203	0,213	0,360	0,036
Phosphorsäure	1,109	1,450	1,475	2,140	2,280	2,558	1,696
Schwefelsäure	2,060	1,864	1,350	—	—	—	—
Chlor	0,440	1,331	1,110	—	—	—	—
Kieselsäure	26,421	14,111	10,850	—	—	—	—
Stickstoff	21,80	20,89	17,50	—	—	—	—

Tabelle III (Fortsetzung).

(Nach Fleischer, Landw. Jahrbücher, Bd. 20, S. 373, siehe auch Wollny, Die Zersetz. d. org. Stoffe, Heidelberg 1897, S. 225.)

Ort	Prozente der Trockensubstanz						
	Verbrennliche Stoffe	Mineralstoffe	Sand, Kieselsäure, Ton	Stickstoff	Kali	Kalk	Phosphorsäure
Hochmoore.							
a) Obere Schicht, Heidehumus							
Lilienthaler Moor . .	96,32	3,68	2,43	1,08	0,03	0,20	0,06
Hellweger Moor . .	83,30	16,70	14,73	1,19	0,06	0,37	0,12
Bourtanger Moor . .	83,30	16,70	14,25	1,45	0,07	0,35	0,14
Papenburger Moor .	83,98	16,02	13,01	1,55	0,08	0,37	0,10
b) Tiefere Schicht							
Lilienthaler Moor . .	98,74	1,26	0,59	0,56	0,01	0,10	0,02
Hellweger Moor . .	98,74	1,26	0,33	0,75	0,04	0,14	0,03
Bourtanger Moor . .	97,86	2,14	0,63	1,03	?	0,21	0,05
Papenburger Moor .	97,56	2,44	0,63	0,93	?	0,27	0,04
Durchschnitt (nach Fleischer, Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges., Bd. 17, S. 120)	97,00	—	—	1,00	0,04	0,25	0,05
Grünlandsmoore (Niederungsmoore).							
Nickwarzbruch (Tuchler Heide)	70,17	29,83	18,11	2,97	0,09	4,25	0,59
Iserauer Wiese (Tuchler Heide)	81,51	18,49	7,15	3,33	0,07	4,51	0,30
Landsdorf bei Tribsees in Pommern	80,26	19,74	5,70	3,55	0,05	4,84	0,98
Cunrau (Prov. Sachsen) .	82,56	17,44	6,78	3,23	0,05	5,96	0,25
Fienerbruch (Prov. Sachs.)	76,19	23,81	10,34	2,40	0,10	6,71	0,15
Dresow bei Gr.-Justin in Pommern	81,70	18,30	3,21	2,85	0,09	7,25	0,14
Zalesie bei Nakel in Posen	45,72	54,28	13,20	2,10	0,08	9,23	1,01
Sammenthin bei Arnswalde in Brandenburg	44,06	55,94	?	?	?	18,00	12,89
Pätzig bei Schönfließ in Brandenburg	42,16	57,81	4,60	1,78	0,07	26,62	0,41
Durchschnitt (nach Fleischer, Arb. d. Deutsch. Landw.-Ges., Bd. 17, S. 120)	90,00	—	—	2,5 (bis 4,5)	0,1	4,0 (bis 30,0 und mehr)	0,25 (bis 6,0 und mehr)

Tabelle IV.

Mittlere Zusammensetzung der hauptsächlichsten Düngemittel.

Nach E. von Wolff. Neu bearbeitet von Dr. A. Stutzer.

(Mit Genehmigung der Verlagsbuchhandlung Paul Parey in Berlin abgedruckt aus Mentzel und v. Lengerkes Landwirtsch. Hilfs- und Schreibkalender 1905, S. 89.)

Bezeichnung der Düngemittel	Wasser	Organische Masse	Stickstoff		Phosphorsäure		Kali	Kalk	Magnesia	Schwefelsäure	Chlor und Fluor
			ganze Menge	leichtlöslich	ganze Menge	leichtlöslich					
	1000 Teile enthalten ungefähr Teile:										
I.[1]) Tierische Auswürfe und Stalldünger.											
Gew. Stallmist, frisch	750	210	4,5	2,0	2,0	—	6,0	5,0	1,2	1,0	1,3
Stallmist nach 3- bis 5monatl. fester Lagerung	770	170	5,4	1,1	2,5	—	7,0	7,0	1,8	1,5	1,9
„ desgl. überdacht gelagert	760	200	5,8	1,5	3,0	—	7,5	7,8	2,0	1,7	2,0
„ aus Tiefstall	750	200	7,0	2,5	4,0	—	8,0	8,5	2,1	1,8	2,0
Frischer Mist mit Streu von											
Rindvieh	775	200	4,2	1,5	2,5	—	5,0	4,5	1,0	0,8	1,0
Pferd	713	254	5,8	2,0	2,8	—	5,3	2,5	1,4	0,7	0,4
Schaf	680	300	8,5	3,0	2,3	—	6,7	3,3	1,8	1,5	1,7
Schwein	724	250	4,5	0,8	1,9	—	6,0	0,8	0,9	0,8	1,7

[1]) Die Anmerkungen zu I bis V finden sich Seite 138.

Tabelle IV (Fortsetzung).

Bezeichnung der Düngemittel	Wasser	Organische Masse	Stickstoff		Phosphorsäure		Kali	Kalk	Magnesia	Schwefelsäure	Chlor und Fluor
			ganze Menge	leichtlöslich	ganze Menge	leichtlöslich					
	1000 Teile enthalten ungefähr Teile:										
Frischer Harn von											
Schaf	—	—	20,0	20,0	0,1	0,1	—	—	—	—	—
Pferd	—	—	15,0	15,0	0,1	0,1	16,0	—	—	—	—
Rindvieh	—	—	10,0	10,0	0,1	0,1	16,0	—	—	—	—
Schwein	—	—	5,0	5,0	1,0	1,0	—	—	—	—	—
Mistjauche von offener Dungstätte	988	6	2,2	2,0	0,1	—	4,6	0,2	0,3	0,5	0,8
„ „ überdachter „	982	8	2,5	2,3	0,1	—	5,5	0,3	0,4	0,7	1,2
Menschlicher Kot, frisch	772	198	10,0	—	10,9	—	2,5	6,2	3,6	0,8	0,1
„ Harn „	963	24	6,0	6,0	1,7	1,7	2,0	0,1	0,1	0,1	5,0
Menschliche Auswürfe aus											
Gruben	963	27	3,6	1,0	1,6	—	1,5	1,0	0,6	0,4	4,5
Tonnen	923	55	7,5	4,2	2,7	1,2	2,9	1,8	0,9	0,5	—
Torfmüll	824	144	8,3	2,4	3,7	1,3	3,4	0,6	0,8	—	3,1
Frischer Mist von											
Tauben	519	308	17,6	—	17,8	—	10,0	16,0	5,0	3,3	—
Hühnern	560	255	16,3	—	15,4	—	8,5	24,0	7,4	4,5	—
Enten	566	262	10,0	—	14,0	—	6,2	17,0	3,5	3,5	—
Gänsen	771	134	5,5	—	5,4	—	9,5	8,4	2,0	1,4	—
	100 Teile enthalten ungefähr Teile:										
II. Phosphate und Guano.											
Florida-Phosphat	—	—	—	—	35,0	—	—	41,1	—	—	5,9
Algier-Phosphat	3,5	—	—	—	29,3	—	—	34,0	—	—	0,5

Südkarolina-Phosphat	—	—	—	—	26,5	—	—	38,5	—	—	3,5
Tennessee-Phosphat	1,6	—	—	—	32,4	—	—	39,0	—	—	2,4
Peru-Guano, roh	15,0	42,4	7,0	3,0	14,0	4,6	3,3	12,6	0,9	2,0	—
„ neue Funde	14,0	44,0	12,0	3,7	9,5	3,4	2,6	8,2	—	—	—
Damaraland-Guano	15,0	52,0	8,0	5,0	12,0	4,2	2,5	15,0	—	—	—
III. Superphosphate.											
Florida-Superphosphat	10,0	—	—	—	18,0	17,0	—	23,0	—	25,5	—
Algier-Superphosphat	9,4	—	—	—	16,0	15,0	—	—	—	—	—
Peru-Guano-Superphosphat	15,0	30,0	7,0	6,0	10,0	9,5	—	—	—	—	—
IV. Allerlei Düngemittel und Abfälle.											
Blutmehl	13,4	78,4	11,8	—	1,2	—	0,7	0,8	0,2	0,6	—
Fleischdüngemehl	8,0	49,1	5,8	—	17,4	—	0,3	22,3	—	0,2	—
Hornmehl und Späne	8,5	68,5	10,2	—	5,5	—	—	6,6	0,3	0,9	—
Knochenasche	6,0	3,0	—	—	35,4	—	0,3	46,0	1,2	0,4	—
Knochenkohle	8,0	8,0	0,7	—	25,0	—	0,1	40,0	1,1	0,4	—
Knochenmehl, gedämpft	—	—	3,0	—	22,0	—	—	—	—	—	—
„ entleimt	—	—	1,0	—	28,0	—	—	—	—	—	—
„ roh, gest.	6,0	30,3	4,0	—	21,0	—	0,2	31,3	1,0	0,1	—
Konzentrierter Rinderdünger	12,5	53,9	3,3	—	4,5	—	1,5	1,9	1,8	—	—
Poudrette	15,0	65,0	7,4	—	2,7	—	2,7	—	—	18,0	4,0
Maikäfer, frisch	70,6	24,6	3,5	—	0,6	—	0,5	0,1	0,1	—	—
Fisch-Guano	9,8	56,2	8,5	—	13,8	—	0,3	16,0	0,9	0,5	—
Ruß von Holz	5,0	71,8	1,3	—	0,4	—	2,4	10,0	1,5	0,3	—
„ „ Steinkohlen	5,0	66,9	2,4	—	0,4	—	0,1	4,0	1,5	1,7	—
Scheideschlamm der Zuckerfabriken	43,3	15,3	0,2	—	0,5	—	0,1	21,6	0,3	0,3	—
Thomasschlacke	—	—	—	—	17,5	zitratlöslich 13—16	—	48,3	4,9	0,3	—
Wollstaub und Abfälle	10,0	56,0	3,0	—	0,5	—	0,1	0,5	0,3	0,5	—

Tabelle IV (Fortsetzung).

Bezeichnung der Düngemittel	Wasser	Organische Masse	Stickstoff		Phosphorsäure		Kali	Kalk	Magnesia	Schwefelsäure	Chlor und Fluor
			ganze Menge	leichtlöslich	ganze Menge	leichtlöslich					
	100 Teile enthalten ungefähr Teile:										
V. Aschen und Salze.											
Asche von Laubholz	5,0	5,0	—	—	3,5	—	10,0	30,0	5,0	1,6	0,3
„ „ Nadelholz	5,0	5,0	—	—	2,5	—	6,0	35,0	6,0	1,6	0,3
„ „ Braunkohle	—	—	—	—	0,6	—	0,7	16,0	1,9	10,4	—
Chilisalpeter	2,6	—	15,5	15,5	—	—	—	0,2	—	0,7	1,7
Gaskalk	7,0	1,3	0,4	—	—	—	0,2	64,5	1,5	12,5	—
Gips	20,0	—	—	—	—	—	—	31,0	0,1	44,0	—
Melasseasche	6,5	9,2	—	—	1,0	—	32,1	3,5	0,8	7,2	11,1
Schwefelsaures Ammon	4,0	—	20,5	—	—	—	—	0,5	—	58,0	1,4
Steinkohlenasche	—	—	—	—	0,2	—	0,2	3,5	0,8	1,0	—
Torfasche (Kalk)	5,0	—	—	—	1,2	—	0,5	45,7	0,5	4,4	0,6
„ (Eisen, Kalk)	5,0	—	—	—	1,4	—	0,8	33,3	0,4	5,2	—
„ (Gips, Ton)	—	—	—	—	1,8	—	1,8	14,7	0,8	16,8	—
Viehsalz	5,0	—	—	—	—	—	—	1,2	0,2	1,4	54,6
Phosphorsaures Kali	—	—	—	—	43	—	26	—	—	—	—

Bemerkungen:

Zu I. Die angegebenen Zahlen für Stallmist beziehen sich auf einen solchen, der bei guter Fütterung und sorgfältiger Aufbewahrung erhalten wurde. Wo dies nicht geschieht, sind die Zahlen (namentlich für Stickstoff, Phosphorsäure) erheblich niedriger. Die mittlere Zusammensetzung der menschlichen Auswurfstoffe ist aus zahlreichen Analysen berechnet.

Zu II. Einige der neuesten Funde von Peru-Guano weisen einen viel höheren Gehalt an Stickstoff auf als die bisher abgebauten (8 bis 14%).

Zu III. Bei Superphosphaten sind nur einige im Handel besonders häufig vorkommende angegeben.

Zu IV. Hier ist es besonders schwer, treffende Mittelzahlen anzugeben, da sie nach Art der Fabrikation sehr wechseln.

Zu V. Für Torfaschen ist die Zusammensetzung von drei Hauptsorten angegeben. Kalk- und Mergelarten sind wegen ihres wechselnden Gehaltes nicht angeführt (siehe unter Kalk, S. 91).

Tabelle IV (Fortsetzung).

100 Teile enthalten ungefähr Teile:

	Schwefelsaures Kali K_2SO_4	Chlorkali KCl	Schwefelsaure Magnesia $MgSO_4$	Chlormagnesia $MgCl_2$	Chlornatrium NaCl	Schwefelsaurer Kalk $CaSO_4$	Unlöslich in Wasser	Wasser	Gehalt an reinem Kali		Preis für (ab Staßfurt)	
									durchschnittlich	garantiert	100 kg Salz Mk.	1 kg Kali Pf.
VI. Kalidüngesalze.												
A. Rohe Salze. (Natürliche Bergprodukte.)												
Kainit	21,3	2,0	14,5	12,4	34,6	1,7	0,8	12,7	12,8	12,4	1,50	11,49
Carnallit	—	15,5	12,1	21,5	22,4	1,9	0,5	26,1	9,8	9,0	0,90	9,50
Sylvinit	1,5	26,3	2,4	2,6	56,7	2,8	3,2	4,5	17,4	12,4	1,50	11,49
Berg-Kieserit	—	11,8	21,5	17,2	26,7	0,8	1,3	20,7	7,5	—	0,90	—
B. Konzentrierte Salze. (Fabrikate.)												
Schwefelsaures Kali 96 %	97,2	0,3	0,7	0,4	0,2	0,3	0,2	0,7	52,7	51,8	—	—
Schwefelsaures Kali 90 %	90,6	1,6	2,7	1,0	1,2	0,4	0,3	2,2	49,9	48,6	16,45	33,85
Schwefelsaure Magnesia	50,4	—	34,0	—	2,5	0,9	0,6	11,6	27,2	25,9	8,—	30,89
Chlorkalium 90 bis 95 %	—	91,7	0,2	0,2	7,1	—	0,2	0,6	57,9	56,8	—	—
Chlorkalium 80 bis 85 %	—	83,5	0,4	0,3	14,5	—	0,2	1,1	52,7	50,5	14,85	29,41
Kalidüngesalz, mindestens 20 % Kali	2,0	31,6	10,6	5,3	40,2	2,1	4,0	4,2	21,0	20,0	3,10	15,50
„ „ 30 % „	1,2	47,6	9,4	4,8	26,2	2,2	3,5	5,1	30,6	30,0	4,75	15,83
„ „ 40 % „	1,9	62,5	4,2	2,1	20,2	2,4	3,1	3,6	40,4	40,0	6,40	16,—
Kieselsaures Kali (Martellin)	—	—	—	—	—	—	—	—	22—30	—	25,— ab Düsseldorf	—

(Preise für 1 kg Kali bei Kainit, Carnallit, Sylvinit, Berg-Kieserit: [illegible] 5 % [illegible]standsvergütung)

Winke für den Ankauf von Düngemitteln.

Die absoluten Dünger sind nur in selteneren Fällen Handelsobjekt, die Kriterien für ihre Bewertung gründen sich zumeist auf den Augenschein.

Der Preis der marktgängigen Düngemittel[1]) steht nicht immer im Verhältnis zum wahren Wert. Die exakte Bestimmung dieses letzteren ist häufig nur dem Chemiker möglich, der Schwindel daher recht groß.[2]) Wie kann man sich dagegen schützen?

1. Man kaufe möglichst nur nach Kilo der einzelnen wirksamen Düngerbestandteile (Kali [K_2O], Phosphorsäure [P_2O_5], Stickstoff [N]).
2. Man lasse sich den Gehalt der gekauften Düngemittel garantieren. (Achte auf sachgemäße Ausfüllung des Schlußscheins!)
3. Man zahle nur nach dem nachträglich ermittelten Gehalt.

Zur Entnahme des Materials für die nötige Kontrollanalyse sind folgende Vorschriften innezuhalten:

Spätestens drei Tage nach Empfang der Sendung, am besten sofort, sind Proben aus der Mitte der unbeschädigten Säcke (Fässer) möglichst mittelst Probestechers zu entnehmen. Dazu ist die Gegenwart eines Vertreters des Lieferanten oder eines unparteiischen Zeugen notwendig. Bei Bezug einer Waggonladung (10000 kg) ist aus jedem zehnten Sack eine Probe zu entnehmen, bei 500 bis 10000 kg jedem fünften, bei weniger aus jedem einzelnen Sacke, so daß die gesamte Entnahme etwa $1^1/_2$ kg beträgt. Dieses Muster ist auf trockener Unterlage gut zu mischen, und daraus sind drei gleiche Durchschnittsmuster von je ca. $^1/_2$ kg abzuteilen. Diese letzteren sind sofort in trockene und reine Glas- oder Tongefäße zu verpacken, luftdicht zu verschließen, gemeinschaftlich zu versiegeln und mit Inhaltsangabe zu versehen. Blechdosen, Leinewand, Papier, Schweinsblase sind nicht zur Verpackung zu verwenden. Ein Muster von den dreien geht

---

[1]) Dr. Hoffmann, Vorsteher der „Düngerabteil." der Deutschen Landw.-Gesellsch. Berlin, schätzte den jährlichen Verbrauch von „Handelsdüngern" in Deutschland i. J. 1904 auf etwa 250 Mill. Mk.

[2]) „Schwindelfabrikate" treten unter allen möglichen Namen auf, sie kommen und gehen, je nachdem sie früher oder später erkannt werden.

unter Angabe des Lieferanten, der bezogenen Menge, des Preises, der Zeit und des Ortes der Verladung ohne Verzug zur Versuchsstation, die die Kontrollanalyse ausführen soll. Die beiden anderen Gegenproben, wovon auf Wunsch eine dem Lieferanten zur Verfügung steht, bleiben zunächst in den Händen des Käufers, um in Differenzfällen zur Nachuntersuchung zu dienen.

Für Thomasmehl gelten besondere Bestimmungen, welche der Besteller mit der Bestätigung des Auftrages vom Lieferanten empfängt, wenn die Kosten der Analyse von diesem übernommen werden.

Die Kosten der Nachuntersuchung unterliegen sonst meist der Vereinbarung. Einzelheiten darüber, wie über Bezugs- und Zahlungsbedingungen lasse man sich mit der Offerte mitteilen.

Wo die Kosten der Analyse verhältnismäßig zu hohe sein würden, kann man sich durch genossenschaftlichen Bezug doch die Garantie mit geringerem Entgelt sichern. Bei ganz kleinen Mengen wende man sich an solide Firmen, landwirtschaftliche Verbände etc.

Druckfehler-Berichtigung.

Seite 1, Zeile 2 von oben, lies: Zweck der Düngung statt Dungzweck.
„ 52, Zeile 8 bzw. 23 von oben, wären die Worte: Knochenmehle und Superphosphat durch fetten Druck noch mehr hervorzuheben gewesen.
„ 54, Zeile 15 von oben, lies: Gehalt statt Gestalt.
„ 56, Zeile 4 von oben, lies: Objekte der Düngung statt Dungobjekte.
„ 62, Zeile 6 von oben, lies: mehr statt noch.

Druck: J. Neumann, Neudamm.

Tabellen zum Bestimmen der wichtigsten Holzgewächse des deutschen Waldes und von einigen ausländischen angebauten Gehölzen nach Blättern und Knospen, Holz und Sämereien von **E. Herrmann**, Königl. Oberförster. Preis geheftet **2 Mk. 40 Pf.**

Aus Wald und Welt. Wanderungen und Studien eines Forstmannes. Aus dem Kaukasus. Von **W. Kessler**, Königl. Oberförster. Preis geheftet **1 Mk. 50 Pf.**

Die Dienstlandwirtschaft der preussischen Staats-Forstbeamten. Von **W. Kessler**, Königl. Forstmeister. Preis geheftet **50 Pf.**

Die Aufforstung von Öd- und Ackerländereien unter Berücksichtigung der dem Landwirt zur Verfügung stehenden Hilfsmittel. Von **H. Kottmeier**, Königl. Oberförster. Preis geheftet **80 Pf.**

Kubiktabelle in Plakatform für Hölzer bis zu 24 m Länge und 75 cm Stärke. Preis **50 Pf.**

Geschichtliche Entwickelung des Durchforstungsbetriebes in Wissenschaft und Praxis bis zur Gründung der Deutschen forstlichen Versuchsanstalten. Von **Carl Laschke**, Doktor der Staatswissenschaften. Preis geheftet **6 Mk.**

Ökonomik des Durchforstungsbetriebes. National-ökonomische Studie eines Forstmannes. Von **Carl Laschke**, Doktor der Staatswissenschaften. Preis geheftet **2 Mk.**

Wald und Wild in der Bibel. Von **Fritz Mücke**, Königl. Förster a. D. Preis geheftet **2 Mk.**, fein gebunden **2 Mk. 60 Pf.**

Waldhege und Waldpflege. Repetitorium für das Jäger- und Försterexamen und Hilfsbuch für Privatwaldbesitzer, Gutsverwalter, Gemeindebeamte. Von **Fritz Mücke**, Königl. preuss. Förster a. D. **Zweite** Ausgabe. Preis geheftet **2 Mk. 50 Pf.**, gebunden **3 Mk.**

Hilfstafeln zur Berechnung des Taxwertes von Langnutzhölzern in Verbindung mit den Angaben von 70% der Taxe für fehlerhafte Hölzer. Zusammengestellt von **W. Naujoks**, Königl. Forstsekretär. Preis elegant kartoniert **1 Mk. 50 Pf.**

Neudammer Försterlehrbuch. Ein Leitfaden für Unterricht und Praxis, sowie ein Handbuch für den Privatwaldbesitzer. Bearbeitet von Professor **Dr. A. Schwappach**, Professor **Dr. C. Eckstein**, Oberförster **E. Herrmann** und Forstassessor **Dr. W. Borgmann**. **Zweite**, vermehrte und verbesserte Auflage, 4. bis 7. Tausend. Mit 192 Abbildungen und einem Repetitorium in der Anlage. Preis in Leinen gebunden **8 Mk.**

Forstliche Dummheiten. Eine Busspredigt für unsere Grünröcke. Von **Carl Eduard Ney**, Kaiserl. Oberforstmeister zu Metz. Preis fein geheftet **4 Mk.**, hochelegant gebunden **5 Mk.**

Deutsch-englisches und englisch-deutsches Forstwörterbuch — Dictionary of German and English forest terms. Von **Karl Philipp**, Oberförster. Preis in einen Band gebunden **3 Mk. 50 Pf.**

Alle Buchhandlungen nehmen Bestellungen entgegen.

